

# electricidad

teórico-práctica

Fundamentos  
de electrotecnia

Instalaciones

ediciones



# electricidad

## teorico-practica

El contenido del presente libro queda definido por su subtítulo: *Fundamentos de electrotecnia e instalaciones*. Ya ahí se establece el paralelismo teoría-práctica que creemos fundamental para la formación del técnico integral.

Creemos que la primera virtud del Método está en el justo equilibrio entre los dos enfoques posibles en los estudios técnicos: equilibrio entre los conocimientos teóricos y la aplicación de los mismos en el campo práctico. No hemos huido de la teoría, porque el técnico debe apoyarse en ella; pero a la teoría siguen siempre los resultados prácticos que hace posible. Es explícita la subdivisión de las lecciones en tres capítulos: Electrotecnia, Instalaciones y Prácticas. El primero para conocer la electricidad en su naturaleza y en sus manifestaciones cuantitativas: la teoría de la electricidad. El segundo para estudiar las posibilidades de aprovechamiento de los fenómenos eléctricos: las instalaciones en todo el amplísimo campo que permite la aplicación práctica de la energía eléctrica; en el hogar, en la industria, en las más variadas ramificaciones del quehacer técnico de la Humanidad. Por último, un capítulo de prácticas. Aplicar la electricidad requiere un oficio que el técnico no puede desconocer si quiere controlar el proceso completo de una instalación eléctrica, desde su cálculo a los últimos detalles de su realización práctica.

Completan este primer libro tres apéndices: Taller Mecánico, Conocimiento de Materiales y primera colección de Fichas Técnicas.

La electricidad, en cuanto requiere material y mecanización para su control, depende muy directamente de unos procesos mecánicos y de la justa aplicación del material idóneo en cada caso. Hemos creído necesario sintetizar en un primer apéndice los trabajos de taller que permiten el mecanizado de las distintas piezas y elementos que el técnico electricista debe tener en consideración. Resultaría imperdonable la ignorancia total de las posibilidades y técnicas de fabricación de la aparamenta y maquinaria eléctrica.

Asimismo es de primera necesidad el conocimiento de los distintos materiales útiles a la tecnología eléctrica, su naturaleza física, su comportamiento ante los agentes físicoquímicos y muy particularmente frente a la acción de la energía eléctrica.

En este libro se dan los fundamentos de ambas disciplinas.

Por último, una primera colección de fichas técnicas resume de forma práctica y manejable la representación gráfica de los elementos de control de la corriente eléctrica.

# electricidad

## teorico-practica

Como complemento de la enseñanza propiamente eléctrica, este Método comprende una serie de materias de vital importancia para la formación del técnico en electricidad. Gracias a ello, permite capacitarse como técnico completo, de modo que sea capaz de planear y resolver la instalación eléctrica de una vivienda, así como reparar un aparato electrodoméstico o localizar cualquier avería en la parte eléctrica de un automóvil.

Estas materias se han agrupado en cinco apéndices repartidos a lo largo del Método, en forma de series de lecciones sobre temas concretos: Apéndice I - Taller Mecánico; Apéndice II - Conocimiento de Materiales; Apéndice III - Fichas Técnicas; Apéndice IV - Electrometría; Apéndice V - Soluciones-tipo.

La serie *Taller Mecánico* facilita al lector estudioso una idea perfecta de las características y posibilidades de todas las máquinas y herramientas que pueden necesitarse en un proceso de fabricación o reparación de las distintas piezas que forman parte de un aparato o máquina eléctrica. Este conocimiento de causa permite discutir con los expertos mecánicos en debida forma; comentar, rectificar, decidir, en una palabra, lo que conviene o no en un trabajo.

La serie *Conocimiento de Materiales* es una ayuda extra para el experto en Electricidad. El profesional necesita conocer las posibilidades de cada uno de los materiales que emplea en su labor; esta serie de lecciones le proporciona ese conocimiento y le permite usar cada uno de ellos en el lugar adecuado y en las mejores condiciones de rendimiento y utilidad.

La serie *Fichas Técnicas* es un elemento de consulta de primer orden. Contienen una serie de datos técnicos que suelen consultarse con frecuencia y que difícilmente se encuentran a mano en un taller ordinario. Constituyen una herramienta de trabajo práctica y útil.

La serie *Electrometría* aporta los datos indispensables para cálculos, medidas y referencias de utilidad durante la labor previa a realizar cuando se inicia el estudio de algún proyecto.

Finalmente, el apéndice correspondiente a la serie *Soluciones-tipo* aporta al técnico en Electricidad el fruto de la experiencia de auténticos expertos conocedores de los problemas prácticos de la profesión. La labor diaria demuestra que el profesional se enfrenta frecuentemente con problemas que se repiten una y otra vez... Disponer de antemano de la solución ahorra tiempo y esfuerzos, evita toda posibilidad de error e incrementa la productividad del operador. En definitiva, permite un mayor crédito y una sensación de seguridad en el profesional.

El Método, en su conjunto, es una garantía de eficacia. Pensado por expertos que han palpado las realidades de cada día en el taller, es fruto de la experiencia y el conocimiento de la técnica... y del hombre.



Con este Método aspiramos a proporcionar una verdadera carrera gracias a la cual sea posible situarse brillantemente en la vida como técnico en electricidad, capaz de ocupar un lugar destacado en cualquier nivel profesional que se elija. Este Método proporciona a la persona interesada una metodología que aporta conocimientos sólidos y *completos* sobre su profesión. El Plan de Estudios cubre una verdadera necesidad en el campo de la enseñanza de la Electricidad. Abarca una serie de disciplinas a cuál más importante dentro del campo profesional y técnico, permitiendo enfrentarse con éxito con todos los problemas profesionales: Electrotecnia, instalaciones, prácticas; oficina técnica, electrometría, taller mecánico; matemáticas, geometría; conocimiento de materiales...

A través de una metodología tan amplia y completa, es posible adquirir unos conocimientos suficientemente desarrollados sobre cada especialidad y de ese modo abordar todos los problemas que se presentan en la profesión.

Gracias a la orientación dada al método, éste facilita los medios para adquirir todos los conocimientos que necesita un técnico en electricidad *completo*: Instalaciones eléctricas; tracción; producción de energía eléctrica, transformación y transporte; líneas de alta y baja tensión; telecomunicación; refrigeración; luminotecnia; aparatos electrodomésticos; electricidad del automóvil...

En su conjunto, este Método responde a una orientación didáctica de última hora. Tanto su contenido como su exposición y desarrollo son lo último en materia de enseñanza. Todo lo que se puede explicar gráficamente halla su aclaración en dibujos, viñetas, esquemas, imágenes en negro y color. Los autores, asimismo, se han esmerado en proporcionar al alumno un texto ameno, claro, directo, que haga fácilmente comprensibles todas las teorías, todos los problemas. La profusión de ilustraciones sumamente explícitas, la clara exposición de las teorías en feliz conjunción con su demostración gráfica y la posibilidad de experimentar por sí mismo, convierten este Método en algo muy distinto a un libro de texto. Es una verdadera enciclopedia sobre electricidad que no tiene par en el mercado.

El método AFHA de

# electricidad teórico-práctica

comprende  
los  
siguientes  
títulos:

Tomo I	<b>Fundamentos de electrotecnia</b>
Tomo II	<b>Electroquímica. Electromagnetismo. Instalaciones domésticas</b>
Tomo III	<b>Corriente alterna. Principios de máquinas de c.c. y de c. a. Instalaciones industriales</b>
Tomo IV	<b>Transformadores. Máquinas eléctricas de c.c. y c.a.</b>
Tomo V	<b>Canalizaciones eléctricas. Líneas y centrales Telecomunicaciones alámbricas</b>
Tomo VI	<b>Luminotecnia. Técnicas de la iluminación</b>
Tomo VII	<b>Electricidad del automóvil</b>
Tomo VIII	<b>Aparatos electrodomésticos</b>

ediciones

**AFHA**

barcelona



**electricidad**

**teórico-práctica**

**método ideado para aprender electricidad por sí mismo**

# **electricidad**

# **teórico-práctica**

**tomo I**

**fundamentos de electrotecnia – instalaciones**

**ediciones**



**barcelona**



El método AFHA de

# **electricidad**

## **teórico-práctica**

comprende los siguientes títulos:

- |           |   |
|-----------|---|
| Tomo I    | <b>Fundamentos de la Electrotecnia - Instalaciones.</b>   |
| Tomo II   | <b>Electroquímica - Electromagnetismo - Instalaciones domésticas.</b>                                     |
| Tomo III  | <b>Corriente alterna y principios de máquinas de c.c. y c. Fundamentos de instalaciones industriales.</b> |
| Tomo IV   | <b>Transformación de la corriente eléctrica. Instalación de máquinas eléctricas.</b>                      |
| Tomo V    | <b>Líneas aéreas - Soldadura eléctrica - Telecomunicación.</b>  |
| Tomo VI   | <b>Técnicas de la iluminación.</b>  |
| Tomo VII  | <b>Electricidad del automóvil</b>   |
| Tomo VIII | <b>Tratado de aparatos electrodomésticos.</b>   |

Edición: Enero 1970

Fotolitos de: REPROCOLOR, Casanova, 155 - Barcelona (11)  
© Copyright, 1.963, by Ediciones AFHA, N.º R.º 4475  
Depósito Legal; B. 567 - 1963

IMPRESO EN ESPAÑA PRINTED IN SPAIN

Este Método no es la obra de un solo hombre. Bajo la dirección y orientaciones pedagógicas de AFHA, Instituto Internacional para la Difusión de la Cultura, un equipo de técnicos, intelectuales y artistas ha trabajado en estrecha colaboración con objeto de ofrecer al lector una enseñanza completa y perfecta de la materia aquí desarrollada.

**Dirección técnica**

**JOSE M.<sup>a</sup> PUIGDEMONT**

con la colaboración de

**Gregorio Lalmolda** Instalaciones

**Marcelino Sanz** Materiales y prácticas

**Dirección pedagógica**

**A. ROVIRA SUMALLA**

**Maquetista realizador y jefe de equipo**

**PEDRO LLOBERA**

**Equipo artístico**

**Miguel Tutusaus** Esquemas técnicos

**Francisco Miñarro** Ilustrador

**Francisco Martínez** Viñetista

**José Marín** Viñetista

**Rosa M.<sup>a</sup> Sagarra** Coordinación

**Montajes y experimentación**

**AGUSTI COROMINAS**

**Supervisión general**

**RAFAEL NAVARRO**



## **reconocimiento**

La orientación pedagógica de este método responde a un criterio fruto de la experiencia de varias personas, cuyo concurso ha sido de valiosa ayuda para dar la presente forma al libro.

Así, su presentación gráfica se debe a una idea de José Llobera y su realización ha sido confiada a los artistas siguientes:

**PEDRO LLOBERA** Maquetista realizador y jefe de equipo

**Francisco Miñarro,** ilustrador

**Miguel Tutusaus,** esquemas técnicos

**Luis Burch,** viñetista

**Francisco Martínez,** viñetista

Gracias a la labor de equipo llevada a cabo, las más difíciles explicaciones técnicas quedan convenientemente aclaradas con la ayuda de expresivos dibujos en color, viñetas y reproducción fotográfica de elementos, piezas y detalles de las mismas. De ese modo, la enseñanza es asequible con facilidad y aprender resulta cómodo y sencillo.

## prólogo

El contenido del presente libro queda definido por su subtítulo: *Fundamentos de electrotecnia e instalaciones*. Ya ahí se establece el parelismo teoría-práctica que creemos fundamental para la formación del técnico integral.

Creemos que la primera virtud del Método está en el justo equilibrio entre los dos enfoques posibles en los estudios técnicos: equilibrio entre los conocimientos teóricos y la aplicación de los mismos en el campo práctico. No hemos huido de la teoría, porque el técnico debe apoyarse en ella; pero a la teoría siguen siempre los resultados prácticos que hace posible.

Es explícita la subdivisión de las lecciones en tres capítulos: Electrotecnia, Instalaciones y Prácticas. El primero para conocer la Electricidad en su naturaleza y en sus manifestaciones cuantitativas: la teoría de la electricidad. El segundo para estudiar las posibilidades de aprovechamiento de los fenómenos eléctricos: las instalaciones en todo el amplísimo campo que permite la aplicación práctica de la energía eléctrica; en el hogar, en la industria, en las más variadas ramificaciones del quehacer técnico de la Humanidad. Por último, un capítulo de prácticas. Aplicar la electricidad requiere un oficio que el técnico no puede desconocer si quiere controlar el proceso completo de una instalación eléctrica, desde su cálculo a los últimos detalles de su realización práctica.

Completan este primer libro tres apéndices: Taller Mecánico, Conocimiento de Materiales y Primera colección de Fichas Técnicas.



La Electricidad, en cuanto requiere material y mecanización para su control, depende muy directamente de unos procesos mecánicos y de la justa aplicación del material idóneo en cada caso. Hemos creído necesario sintetizar en un primer apéndice los trabajos de taller que permiten el mecanizado de las distintas piezas y elementos que el técnico electricista debe tener en consideración. Resultaría imperdonable la ignorancia total de las posibilidades y técnicas de fabricación de la aparamenta y maquinaria eléctrica.

Asimismo es de primera necesidad el conocimiento de los distintos materiales útiles a la tecnología eléctrica, su naturaleza física, su comportamiento ante los agentes físicoquímicos y muy particularmente frente a la acción de la energía eléctrica.

En este libro se dan los fundamentos de ambas disciplinas. Por último, una primera colección de fichas técnicas resume de forma práctica y manejable la representación gráfica de los elementos de control de la corriente eléctrica.

## lección 1 - página 1

A modo de introducción. ELECTROTECNIA. — *La Materia*. La molécula y el átomo. Cuerpos compuestos y elementos. La estructura del átomo. Átomos neutros y excitados. La causa de la electricidad. Electroestática. El experimento de las tiras de papel. Ley de Coulomb. Transmisión de cargas en una barra de metal. Transmisión de cargas por inducción. Descargas: por conductor, por contacto, por arco. Tensión superficial. El pararrayos. La prueba del pararrayos. INSTALACIONES. — *Esquemas*. Clasificación de los esquemas. Esquemas técnicos: esquema primario y esquema completo. Esquemas simplificados: esquema unipolar. Esquema descriptivo. Clasificación de las instalaciones. PRÁCTICAS. — *Algunas experiencias electrostáticas*. Experimentos con la barra de lacre. Un electroscopio de fabricación casera. Experiencias con el electroscopio. Montaje de un comprobador de circuitos.

## lección 2 - página 49

ELECTROTECNIA. — *La corriente eléctrica*. Cómo se establece la corriente eléctrica a través de un conductor. Los generadores. Sentido de la corriente eléctrica. Conductores, semiconductores y aislantes. La electricidad también se mide: la intensidad y sus unidades. Cómo se mide la intensidad de una corriente. La resistencia eléctrica. Fuerza electromotriz y diferencia de potencial. El voltaje: sus unidades. El voltio: relación entre la intensidad, la resistencia y la d. d. p. Resumen de unidades. Alta y baja tensión. Corriente continua y corriente alterna. Ensayos. — Dirección de la corriente eléctrica. Efectos de la corriente eléctrica. INSTALACIONES. — *Instalaciones domésticas*. Interruptores. Distintos tipos de interruptores: interruptores rotativos, interruptores oscilantes. Esquemas empleados para la representación gráfica de los interruptores. Conmutadores. Tipos de conmutadores: conmutador de dos direcciones, conmutador de dos direcciones y punto cero, conmutador de cruzamiento, conmutador de cruzamiento tipo tumbler, conmutador de tres posiciones y punto cero y conmutador de araña. Esquemas. Pulsadores. Tomas de corriente: la base, tipos de bases y enchufes, la clavija. Cortacircuitos. Tipos de fusibles. Portalámparas. Pequeño muestrario de portalámparas. PRÁCTICAS. — Un consejo. Tablero de pruebas elemental.

## lección 3 - página 101

ELECTROTECNIA. — *Conexión en serie y conexión en paralelo*. Conexión mixta. Estudio de la resistencia de un circuito: la resistividad. La resistencia depende de la longitud. Fórmula de la resistencia. Tablas de diámetros y secciones. Ejemplos de aplicación de fórmulas. Variación de la resistencia en relación con la temperatura. Tablas de coeficientes de temperatura. Variaciones de la resistencia debidas a la luz y a la presión. La conductancia. Conexión de la resistencia: resistencia reducida de un sistema. Resistencias en serie. Resistencias en paralelo. Resistencias en conexión mixta. Conclusión. INSTALACIONES. — *Instalaciones domésticas de luz*. Instalación de un enchufe. Lo que nunca debe hacerse. Instalación de dos o más enchufes. Esquema práctico de la instalación de un enchufe. Esquema unipolar de la instalación de un enchufe. Cómo saber si un enchufe está bien conexionado. Conexiones separadas. Cortacircuitos en un enchufe. Interruptor en un enchufe. Instalación de una lámpara. Instalación de varias lámparas en paralelo o derivación. PRÁCTICAS. — *Cálculo de resistencias: casos prácticos*. Primer caso, segundo caso, tercer caso. Resistividades de algunas disoluciones en ohmios por centímetro cuadrado. Cuarto caso y quinto caso.



#### **lección 4 - página 137**

ELECTROTECNIA. — *La ley de Ohm*. Estudio de la ley de Ohm. Resumen de fórmulas. Aplicación de la ley de Ohm en un circuito simple. La ley de Ohm en los circuitos serie. *Cálculo de circuitos derivados: leyes de Kirchhoff*. Primera ley de Kirchhoff, enunciado práctico. Segunda ley de Kirchhoff, enunciado práctico. Estudio de un circuito derivado simple. Estudio de un circuito derivado más complejo. Fuerza. Trabajo. Potencia. Cómo medimos la potencia eléctrica: el vatio. INSTALACIONES. — *Instalaciones domésticas*: Instalación de lámparas con gobierno múltiple. Instalaciones conmutadas para el gobierno de la luz. Algunos esquemas completos. PRÁCTICAS. — *Interpretación de esquemas*. Advertencia inicial. El material necesario. Ejecución de las prácticas. Advertencia final.

#### **lección 5 - página 173**

ELECTROTECNIA. — *La electricidad y el calor*. Terminología. Temperatura. Efectos del calor. Termómetros. Termómetros especiales. Pirómetros. Cantidad de calor; caloría. Propagación del calor: por conducción, por convección, por radiación. Comportamiento de los cuerpos ante el calor. Calorífugos. Calor específico; tabla. Equivalencia entre trabajo y calor; ley de Joule. Energía eléctrica y calor. Aplicaciones de los efectos caloríficos de una corriente eléctrica. Cálculo de fusibles; ejemplos. Termoelectricidad. INSTALACIONES. — *Esquema completo de una vivienda*. Las necesidades de una vivienda. Cálculo de las instalaciones domésticas de luz. Densidad de corriente. Densidad admisible. Caída de tensión. Caída de tensión en la línea. Caída de tensión admisible.

### **apéndice I taller mecánico**

#### **lección 1 - página 3**

*Los trabajos de taller. Trabajos sin arranque de viruta*. Forja. Cómo se forja. Estampado. Embutido. Laminado. Trenes de laminado en caliente y trenes de laminado en frío. Estirado. Corte. Entallado. Troquelado. Doblado.

## **lección 2 - página 17**

*Los trabajos de taller con arranque de viruta.* Máquinas herramientas. Trabajos a cincel y rasquete. Trabajos a lima. Esmerilado y pulido. Aserrado. Taladro. Torneado. Fresado. Cepillado. Brochado. Trabajos especiales. Trabajos a cincel, rasquete y lima. Martillo. Buril o cortafíos. Técnica del limado. El tornillo de banco.

## **apéndice II conocimiento de materiales**

### **lección 1 - página 3**

*Propiedades físicas de la materia.* Cualidades secundarias. Estados físicos de la materia. Propiedades particulares de los sólidos: dureza, tenacidad, elasticidad y plasticidad. Propiedades particulares de los líquidos. Características de los gases.

### **lección 2 - página 17**

*Dilatación de los cuerpos.* Dilatación de los sólidos. Dilatación lineal. Coeficientes de dilatación lineal. Dilatación superficial. Dilatación cúbica. Dilatación de los líquidos. Dilatación de los gases. *Cambios de estado.* Fusión. Vaporización. Condensación. Sublimación. Estado esferoidal. Destilación. Peso y densidad. Unidades de peso. Peso específico. Tabla de densidades.

## **apéndice III fichas técnicas**

COLECCIÓN DE FICHAS TÉCNICAS. Fichas 1 a 3: Corriente eléctrica. 4 a 7: Circuitos eléctricos. 8 a 9: Conexión de conductores. 10 a 16: Aparelaje.

## **unas palabras antes de empezar**

Imaginamos que, siguiendo el impulso de una natural curiosidad, lo primero que habrá hecho al entrar en posesión de este libro habrá sido darle una ojeada de conjunto para hacerse cargo de su contenido. Sin duda le habrá llamado la atención el hecho de que este primer volumen de un tratado de electricidad teóricopráctica presente una estructura especial no común a la que es normal en los libros de texto que emplea la enseñanza ordinaria. Aun sin leer nada, ha podido percatarse la existencia de una metodología que se apoya en el valor de la imagen, de la mancha de color y del grafismo en general para dirigir la atención del lector hacia los puntos que han interesado a los autores. Este es, en efecto, un método donde texto e imagen forman un paralelismo absoluto, en el cual el texto explica y la imagen confirma. Los epígrafes que subrayan las imágenes, y de cuya gran cantidad quizás se habrá extrañado, son verdaderos resúmenes mnemotécnicos que deben ayudarle a fijar las ideas y retenerlas en su memoria. Ciertamente, nuestro método no es un libro de texto más; no puede serlo, por cuanto la idea que lo ha informado escapa del concepto de la enseñanza clásica. Hemos estructurado un tratado de electricidad para personas que por múltiples circunstancias deben formarse de forma autodidacta.

La ausencia del maestro puede suplirse, pero no sus consejos, que más o menos veladamente hemos intentado que lleguen al lector.

Siempre hay un primer consejo, porque siempre el maestro tiene su propia idea de la forma más provechosa de estudiar, de poder recoger el fruto que se esconde en los textos que pone a la consideración del alumno. Y le aconseja cómo cree él que debe estudiar. También será éste nuestro primer consejo: La forma de estudiar con este método que creemos más eficaz es una consecuencia inmediata de su propia estructura. Vamos a exponerle esta metodología eminentemente autodidacta, pero no sin advertir que no es otra cosa que un consejo, que como todos, puede seguirse si parece bueno o no seguirse cuando se cree sinceramente que nos irá mejor si seguimos por otros derroteros. Los autores creen que nuestro método debe estudiarse así:

Primero, efectuando una lectura lenta y concienzuda de la parte del texto que nos ocupe. Esta primera lectura debe fijar las primeras ideas del tema.

Una segunda lectura del mismo tema, debe permitir resumir en un bloc de notas las ideas centrales que hayamos captado. Estas dos lecturas, y mientras el texto no indique lo contrario, se harán prestando la menor atención posible a los gráficos que se encuentran en la página en que leemos. Lo ideal sería ignorarlos totalmente.

Será una vez resumidas las ideas contenidas en el texto cuando deberá localizar los gráficos que le corresponden, viendo a través de ellos si realmente la imagen mental que se habrá formado durante la lectura corresponde con la realidad graficada por nuestros dibujantes. Lea después los epígrafes que acompañan los dibujos y verá cómo con ellos acaban de perfilarse las ideas y cómo es capaz de retenerlas sin forzar demasiado su memoria. Aquí, quizás convenga intercalar aquella frase tan repetida por los maestros del mundo entero: es mejor comprender que recordar. La comprensión forma una memoria inteligente. La simple capacidad de retener palabras puede proporcionar un éxito espectacular en un momento determinado, pero será incapaz de sostenernos en él durante toda una vida profesional.

Otra cosa: estudie las lecciones en el mismo orden en que se han estructurado, empezando por el capítulo de electrotecnia, siguiendo por el de instalaciones y dejando como premio final la realización de las prácticas..., aunque este último represente poner a prueba su voluntad.

Cuando en un capítulo de índole teórica (de electrotecnia, por ejemplo) aparezca la explicación de algunas experiencias que nos ayuden a comprender los temas tratados, póngalas en práctica por poco que pueda. Muchas veces, descansar el cerebro para activar las manos es la mejor puesta a punto para una nueva y mejor actuación intelectual y, vamos a decirlo, para confirmarnos en la verdad de aquello que, aun habiendo puesto nuestra confianza en el método que seguimos, ponemos inconscientemente en tela de juicio.

Éste es nuestro consejo. Éste es nuestro deseo sincero: que el estudio de este método le resulte agradable y eficaz; que, después de su esfuerzo, encuentre la recompensa de saberse un técnico y un práctico consciente.

# **ELECTRICIDAD**

**Introducción**

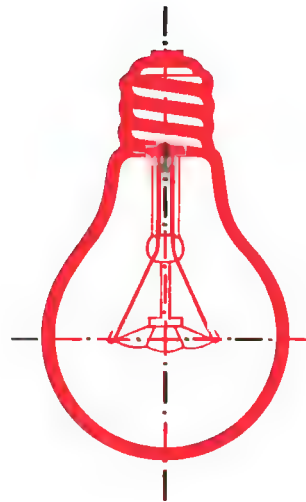
**Teoría electrónica**

**Electrostática**

**Las instalaciones**

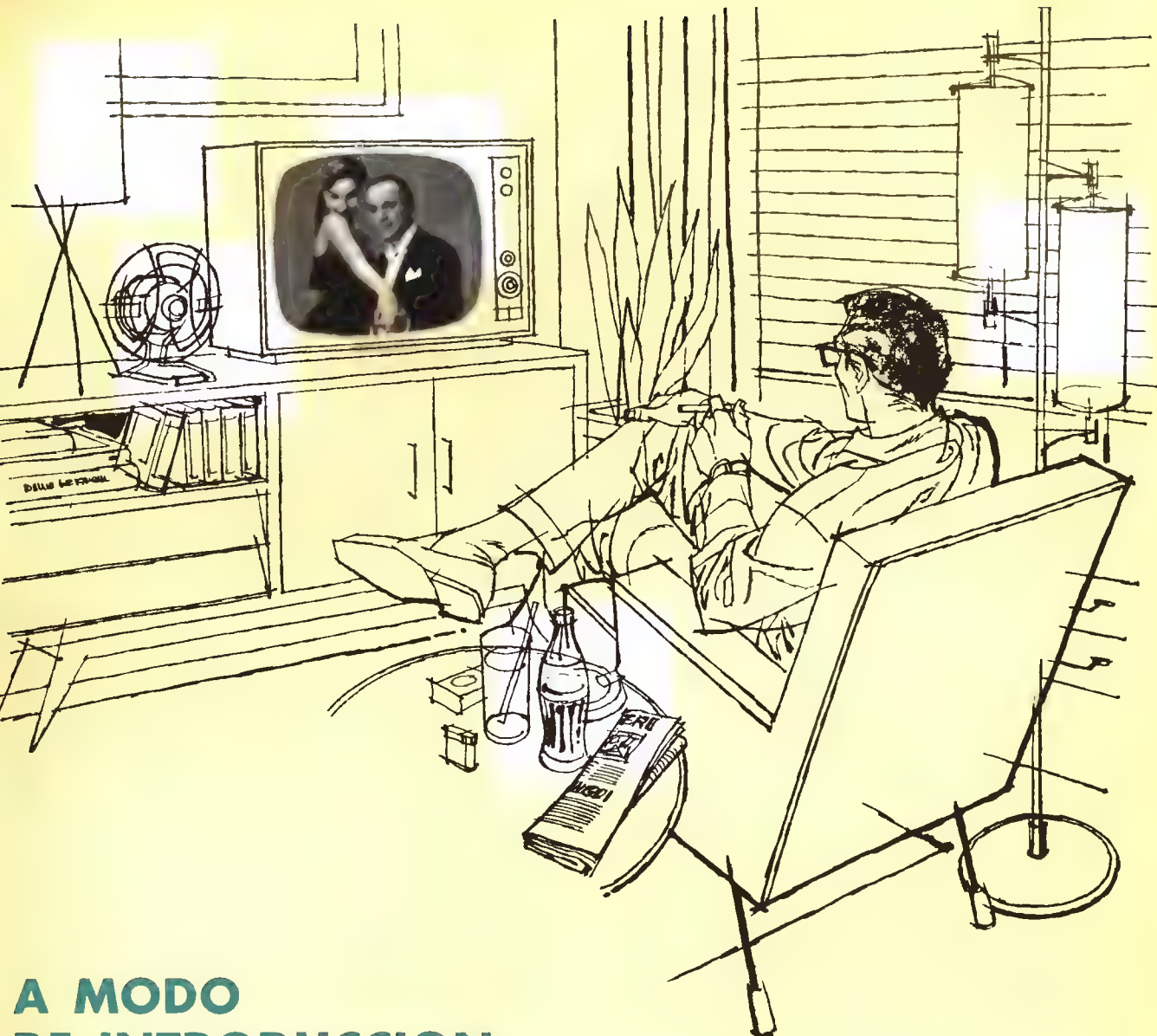
**El esquema**

**Nuestro primer montaje**



**LECCION Nº**

**1**



## A MODO DE INTRODUCCION

Se dice que no nos damos cuenta del valor de las cosas hasta el día que las perdemos. Lo que ocurre es que estamos tan acostumbrados a poseerlas, que gozar de ellas acaba por no parecerse ningún privilegio. ¡Vivimos tan ricamente cuando en casa hay *corriente*! Es natural oír la voz del locutor a través del aparato de radio... No tiene nada de particular que en casa se planche la ropa con una plancha eléctrica, como tampoco es una cosa extraordinaria que las aletas de un ventilador refresquen el aire de nuestro gabinete de trabajo en las mañanas bochornosas del verano. ¡No hay que preocuparse por la mantequilla! En el refrigerador se conserva fresca por tiempo indefinido... y ¡qué bien una limonada helada cuando la sed nos produce su característico malestar!

¿Y la comodidad de pulsar un interruptor para tener abundante luz? Sí; todo es natural, normal, en nuestros días y carece de importancia... hasta que un fusible se cansa de aguantar una intensidad para la que no ha sido calculado. Entonces la radio enmudece, la plancha se enfría y los brazos del ventilador dejan de producir su agradable airecillo. ¡Pobre mantequilla y adiós limonada fresca! Además, si quiere leer, deberá hacerlo a la luz de un candil quemándose las cejas. Hay que ir de prisa a la reparación de la avería. Si se trata de reparar un fusible, la cosa tiene muy poca importancia y casi todo el mundo es capaz de arreglar el desperfecto; pero si el mal viene de más lejos, de más allá de la puerta de su casa, entonces no hay más remedio que tener paciencia y hacerse a la idea de que todas



estas comodidades, que tan normales nos parecen, se convertirán en una visión paradisíaca del mundo.

Sí; el ascensor nos sube hasta el último piso y la estufa nos calienta en invierno sin ningún esfuerzo por nuestra parte: nada de carbón, nada de leña, nada de petróleo y nada de gas. Las máquinas de la fábrica siguen su ritmo normal; todos los volantes giran al ritmo previsto; cuando paran al final de la jornada, los trabajadores toman el tren, el trolebús, el metro... o lo que sea para dirigirse a sus casas. Normal, todo normal. Pero imagine que un buen día deja de funcionar todo eso. Haga este esfuerzo con la imaginación y verá cómo de golpe y porrazo se encuentra poco menos que en la edad media... cuando no se conocía la aplicación de esta panacea que se llama ELECTRICIDAD.

¡Apareció la palabra mágica! Electricidad. Gracias a ella vivimos como hombres de nuestros días. Aunque es verdad que en el siglo XV, pongamos por caso, también vivían sin electricidad, y aunque algunos dicen que tiempos pasados fueron mejores, no podemos zafarnos de vivir con luz eléctrica, con ascensores, con teléfono, radio y muchísimos etcéteras.

He dicho un tremendo disparate: que en el siglo XV vivían sin electricidad. ¡Qué va! Entonces vivían con electricidad, porque la electricidad está en el Mundo desde siempre. Su existencia era tan real como en nuestros días, pero no la conocían. Ahí está la diferencia. Algunos fenómenos habían demostrado la existencia de una fuerza misteriosa cuya naturaleza resultaba aún un mayor misterio, pero aquí terminaba todo.

Retroceder a un Mundo sin electricidad, aunque sólo sea con la imaginación, me parece imposible. Sólo las noticias históricas de tiempos pasados pueden darnos una idea aproximada de la enorme diferencia que puede hallarse entre una sociedad que desconoce la manera de aprovechar la electricidad y una sociedad como la nuestra, que vive, casi sin darse cuenta, a caballo de los ingenios eléctricos. La sociedad humana necesita aprovechar las fuentes de energía que le brinda la Naturaleza. Si sus fuerzas intelectuales son grandes, no así sus fuerzas físicas. Dicen que el trabajo ennoblece, y es una afirmación cierta; pero decir que el trabajo (nos referimos al trabajo físico) es un placer, es tanto como ir contra la misma naturaleza humana. No; lo cierto es que a nadie le gusta cansarse por obligación. ¿Cómo explicar, si no, el fenómeno de la esclavitud?...

Egipto, los imperios babilónico y asirio, Grecia y Roma, todas las grandes *potencias* del pasado, han sido pueblos en los que el número de señores era muy inferior al de sirvientes. Alguien debía trabajar, ¿no?...

Imagine que hoy en día se quisiera construir de nuevo una de las pirámides de Egipto, con los mismos medios de que entonces disponían. Le aseguro que sería una obra prácticamente imposible. ¿Razón?... En la construcción de la pirámide de Keops, se emplearon cien mil (100.000) esclavos, que trabajaron todos los días durante treinta años. Multiplique los días del año por treinta. Multiplique luego por 100.000 esclavos y tendrá el número de jornales que deberían pagarse desde el inicio de la obra. Calcule el dinero que representaría según el jornal medio que percibe actualmente un albañil: y seguro que se cae de espaldas.

¡Pero los esclavos no cobraban jornal! Cierto. Ahí es adonde quería llegar. Los esclavos — digamos los trabajadores, aunque resulte un poco cruda la comparación — eran única y simplemente *fuerzas*, almacenes de energía de la que se aprovechaban los señores para vivir tan ricamente.

La evolución de la sociedad empieza precisamente cuando el hombre es capaz de obtener fuerzas y transformarlas en otras por medio de ingenios que conocemos por el nombre de máquinas. Para advertir un cambio notable en la estructura social de la Humanidad, debemos dejar al pueblo egipcio muy lejos; tan lejos como para perderlo de vista; como un sueño o una novela muy curiosa de leer.

Aparecen máquinas capaces de efectuar el mismo trabajo que muchos hombres juntos y con mayor rapidez. ¿Qué hacemos entonces de la máquina hombre?... No podemos tirarla, eso es evidente. Es entonces cuando se alteran los valores. El hombre ya no es la máquina, pero vive de ella. Sin embargo, la máquina sigue necesitando del hombre, porque el cerebro está en él, porque la máquina ayuda, pero no lo es todo.

Y con todo eso, ¿dónde está la electricidad?... Bueno; es que la electricidad representa el último peldaño en esta escala de progreso, de comodidad, digamos laboral. El aprovechamiento en gran escala de la electricidad es algo muy reciente. La gran profusión de aparatos destinados a proporcionar comodidad al hombre es cosa de muy pocos años.



La gran industria aparece a mediados del pasado siglo XIX. El hombre trabaja en fábricas para producir lo que necesita y que puede adquirir gracias a que su trabajo se ha convertido en algo cotizable. Lo que gana con su trabajo, lo gasta en los productos del trabajo de los demás y del suyo propio. El comercio ya no es algo destinado a las clases pudientes, sino que llega a todos los estamentos sociales. Pero la máquina, lo repetimos, necesita del hombre; y es en esta dependencia donde la electricidad ha establecido las mayores diferencias.

Por ejemplo: una fábrica de tejidos de finales del pasado siglo estaba accionada por una máquina de vapor. Eso quiere decir que esta máquina no podía enfriarse nunca, y si se permitía tal enfriamiento era a riesgo de perder muchas horas de trabajo traducibles en miles de pesetas. Consecuencia: un equipo de hombres que se turnaban día y noche para alimentar la caldera en que se producía el vapor. Trabajo ingrato. Sustituyamos la máquina de vapor por un motor eléctrico: pulsando un simple botón, ponemos en marcha todo el complicado mecanismo de la fábrica. ¡Instantáneo, sin espera! Y cuando interesa que la fábrica pare, pulsamos de nuevo el botoncito ¡y a descansar!

Y lo que hemos dicho para una fábrica de tejidos sirve también para un ferrocarril. ¡Qué diferencia entre el trabajo del maquinista de una

locomotora de vapor y el del conductor de una moderna locomotora eléctrica! Le aseguro que puestos a establecer diferencias no acabaríamos nunca.

Parece que la electricidad es un descubrimiento muy reciente, ¿verdad?... Pues en rigor no; es un descubrimiento antiquísimo. Podemos asegurar que bastantes años antes de J. C. ya se conocía la electricidad. ¿Sabe usted lo que es el ámbar?... Es una resina fósil que se presenta en forma de masas traslúcidas. Quizás ha visto algunos objetos con adornos de ámbar, esta sustancia que recuerda por su color al caramelo de azúcar... Pues esta sustancia tiene la propiedad de que, cuando ha sido frotada, es capaz de atraer pequeños objetos (otras sustancias también). Este es un fenómeno que ya conocían los antiguos griegos, que llamaban ELEKTRON al ámbar. De ahí la palabra electricidad, la fuerza contenida en el ámbar (elektron), que es capaz de atraer objetos ligeros.

Que la electricidad sea capaz de atraer unos pedacitos de papel, por ejemplo, no pasa de ser un fenómeno curioso; nada más. Y sin embargo, esta fuerza manifestada por frotamiento en el ámbar tiene la mismísima naturaleza que la fuerza que arrastra un tren expreso; que enciende la luz en nuestras ciudades; que ha hecho posible la radiografía, la telecomunicación y la infinidad de aparatos electrodomésticos para satisfacción de nuestras amas de casa.



**ALEJANDRO VOLTA**

Leyden hizo el primer descubrimiento importante acerca de esta fuerza llamada electricidad, puesto que encontró la manera de amplificar los efectos eléctricos del frotamiento.

En 1791, el físico italiano Galvani (1737-1798) observó que las patas traseras de una rana muerta sufrían una contracción si se aplicaba una corriente eléctrica producida por frotamiento en dos puntos de su sistema muscular. Esto, que parece una niñería, ha sido causa primera del enorme progreso experimentado en el campo de las aplicaciones de la electricidad.

Son las pequeñas cosas las que poco a poco van sumando conocimientos que hacen posible mayores descubrimientos... como el de Volta, por ejemplo. Este físico, también italiano (1745-1827), amparándose en las experiencias de Galvani, llegó a la conclusión de que entre dos planchas de distinto metal existía lo que se llama una *diferencia de potencial* — lo que, para entendernos, podemos traducir como una diferencia de fuerza eléctrica que hace que el exceso de fuerza contenido en la chapa de metal que tiene más pase a la que tiene menos, estableciéndose una corriente eléctrica—. Con ello creó la primera pila (llamada pila de Volta), que debe considerarse el primer generador eléctrico de la Historia.

El hombre ya es capaz de producir una co-

rriente eléctrica siempre que quiera. A partir de aquí, ya es posible buscar aplicaciones a la electricidad, puesto que se ha convertido en una fuerza controlada que puede producirse (obligándola a manifestarse) siempre que sea necesario.

Otros descubrimientos importantes vienen a sumarse a los anteriores, haciendo que la electricidad pase del laboratorio a la industria. En 1800 Von Ritter observa los efectos químicos de la electricidad, y en 1833 Faraday descubre el fenómeno de la inducción eléctrica, el diamagnetismo y formula sus famosas leyes. El motor eléctrico está al alcance de la mano. Faraday vivió del 1791 al 1867.

Sigue Joule, físico inglés, quien descubre las acciones caloríficas de la corriente eléctrica, con lo cual podemos decir que se completa el cuadro de descubrimientos básicos que han hecho posible el desarrollo eléctrico actual. En efecto: en 1813, Davy aplica la electricidad a la producción de luz mediante el arco eléctrico.

En 1852, Goebel inventa una lámpara de incandescencia que fracasa por no disponer de un manantial de corriente suficientemente económico.

Debía esperarse a que Werner von Siemens, en 1867, construyese la primera dinamo para que Edison creara su lámpara de incandescencia, o sea, nuestra actual bombilla.



**MIGUEL FARADAY**





**TOMAS ALVA EDISON**

Podemos decir que a partir de aquí empieza el verdadero desarrollo de la aplicación de la corriente eléctrica.

El camino está trazado; surgen los científicos que, con sus descubrimientos, han hecho posible el milagro de la radio.

James Clerk Maxwell, físico escocés nacido en Edimburgo en 1831 y muerto en Cambridge en 1879, realiza el primero de dos descubrimientos que han permitido la radiofonía. Formula en 1860 la *teoría electrónica de la luz*, que más tarde llevó a Hertz al descubrimiento de ondas eléctricas iguales a las luminosas.

Heinrich Hertz, alemán de nacimiento (Hamburgo, 1857, fue un físico que se especializó en el estudio de los fenómenos eléctricos. Demostró en 1886 que las vibraciones eléctricas se propagan en forma de ondas electromagnéticas, ondas a las que llamamos hoy ondas hertzianas en memoria de su descubridor, muerto en Bonn en el año 1894.

Maxwell y Hertz habían dado los primeros pasos hacia la radio. Sus descubrimientos llevaron al genio de Guillermo Marconi a otra serie de importantes y definitivos descubrimientos, cuyo resultado final ha sido el desarrollo de la radio y la televisión.

Marconi, a quien algunos llaman el padre de la radio, nace en Bolonia (Italia) en 1873.

Estudia especialmente las vibraciones de las ondas hertzianas. En 1895 inventa la antena transmisora, con la cual consigue transmitir a grandes distancias vibraciones de alta frecuencia. ¡Había nacido la telegrafía sin hilos!

En 1897 funda la primera compañía de telegrafía inalámbrica.

Perfeccionó su propio invento por el sistema de ondas cortas, gracias al cual Inglaterra queda comunicada por telegrafía inalámbrica con Africa del Sur, Australia y la India.

Sus múltiples inventos en el campo de las ondas cortas han hecho posible el desarrollo de la radiofonía y de la televisión.

Marconi recibió el premio Nobel de Física en 1909. Por ley de 28 de marzo de 1938, el Estado italiano proclama solemnidad civil el día 25 de abril, aniversario de su nacimiento. Su muerte sobrevino en Roma en el año 1937.

Podríamos añadir más... Indudablemente; pero tenga en cuenta que los descubrimientos hechos a partir de la última fecha citada representan no ya un período de gestación, sino el desarrollo y el paso a la fase adulta de nuestra amiga la electricidad.



**GUILLERMO MARCONI**

dad. El cuerpo quedó formado; los hombres de nuestro siglo sólo han tenido necesidad de alimentarlo para procurar su desarrollo. El estudio de la electricidad, de la corriente eléctrica y de la electrónica en general, será el tema de este Método que empieza. Usted ayudará a su desarrollo; y en pago de su servicio la electricidad le proporcionará los medios para crear maravillas y proporcionar bienestar al prójimo y a usted mismo. ¡Dudo que se pueda encontrar mejor paga!

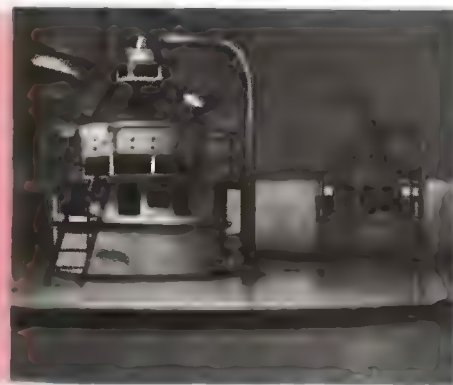
Ahora vamos a ser un poco valientes y, adelantándonos a muchos conceptos, vamos a dar una idea global de la electricidad y su estado actual.

Para ello vamos a citar, como premisa imprescindible, el llamado principio de Lavoisier, que podemos enunciar diciendo que **EN LA NATURALEZA NADA SE CREA Y NADA SE DESTRUYE: TODO SE TRANSFORMA**. Durante sus estudios usted sabrá por qué aparece una corriente eléctrica en los bornes de un conductor; sabrá también que esta corriente eléctrica no se ha producido por arte de encantamiento, sino por medio de una transformación de energía. Debe existir una fuerza no eléctrica capaz de mover una máquina productora de energía eléctrica. La electricidad es el producto de una transformación que requiere un consumo de energía en proporción directa a su importancia.

Es muy posible que usted haya visto una central eléctrica, aunque sólo sea en fotografía. En esta central tiene efecto la transformación de una energía mecánica en una energía eléctrica. Es decir: una fuerza capaz de producir un movimiento, se transforma en esta nueva fuerza a la que llamamos electricidad.

Es necesaria una fuerza capaz de mover una máquina que, a su vez, accione el generador de corriente eléctrica. El tipo de central más conocido es el hidroeléctrico, que, como su nombre indica, aprovecha la fuerza del agua. Esta fuerza (o llámela energía si lo prefiere, aunque fuerza y energía son dos cosas distintas, como veremos), a la que llamaremos primaria, acciona una turbina hidráulica que transforma la energía primaria en energía mecánica. Esta máquina motriz acciona el generador eléctrico que transforma la energía mecánica en electricidad o energía eléctrica.

Hay distintos tipos de máquinas motrices, según cuál sea la energía primaria utilizada para su funcionamiento. Así, por ejemplo, además de las turbinas hidráulicas, existen las de vapor (centrales térmicas cuya energía primaria es la que se desprende de la combustión de distintos materiales) y los motores de explosión (grupos electrógenos). También, en menor escala, se utiliza la fuerza del viento y de las mareas como fuentes de energía capaces de accionar una máquina eléctrica.



## **CENTRAL HIDROELECTRICA**

**Arriba:**

Detalle del interior de una sala de alternadores. En ellos se produce la transformación en energía eléctrica de la energía mecánica debida a la caída del agua. En este caso concreto se produce corriente alterna.

**A la izquierda:**

Embalse y presa de una central hidroeléctrica. Es el salto construido por Iberduero, S. A., en Castro (España). Embalsa 20 millones de metros cúbicos, con una altura de presa de 53 metros. Se muestra claramente el conjunto de instalaciones que supone toda central hidroeléctrica.





## CENTRAL ATOMICA

He aquí la primera central atómica del mundo que ha producido energía eléctrica a escala comercial. Es la central de Calder Hall, en Inglaterra. En este tipo de centrales se aprovecha la energía contenida en el interior de las estructuras atómicas, que se libera cuando por procedimientos adecuados se provoca la desintegración de estas estructuras en elementos radiactivos, de los cuales es el uranio el que hasta ahora ha proporcionado un mayor rendimiento. (Fotografía cedida por la Embajada de S. M. Británica en Madrid.)

Recientemente se han utilizado la energía solar y la energía atómica, que según cálculos de los hombres de ciencia actuales será la primera fuente de energía del Mundo futuro, o... quizás de un Mundo casi inmediato.

Bueno; ya hemos producido una corriente eléctrica. ¿Eso es todo?... ¡Ni mucho menos! La corriente eléctrica rara vez se utiliza a la salida del generador. Es necesario transportarla y transformarla convenientemente según el modo en que vaya a emplearse.

La posibilidad de su transporte es una de las grandes maravillas de la electricidad. Imagine que debemos llevar a un kilómetro de distancia la fuerza producida por una máquina de vapor o por un motor de explosión. ¡Casi nada! Necesitaría-

mos un juego de poleas, de cadenas, de engranajes, imposible de conseguir. Sin embargo, un simple cable metálico sirve de camino para que la corriente eléctrica llegue a miles de kilómetros del emplazamiento del generador. Basta transformar esta corriente, conectar a ella un motor eléctrico, ¡y una fábrica que se pone en acción! Estos postes metálicos que usted ha visto en sucesiones de kilómetros y más kilómetros, y que soportan las llamadas líneas aéreas, son los caminos por los que circula esta creadora de maravillas.

Hemos dicho que la electricidad debe comprenderse por sus efectos. Pues bien: piense en la cantidad de efectos distintos que puede conseguir partiendo de este enchufe que tiene en su casa. Vamos a resumirlos en un sencillo cuadro:

## CENTRAL TERMICA

Ejemplo de central térmica. Corresponde a la térmica de Iberduero, S. A., situada en Bárcena (España). Su potencia total es de 92.000 kilovatios obtenidos por el consumo de 426 gramos de carbón por cada KW. En este tipo de centrales puede sustituirse el combustible tradicional (carbón) por otros productores de energía térmica. El fuel-oil, por su bajo precio y gran poder calorífico, es también un combustible muy empleado, solo o mezclado con antracita en más o menos proporción.





## EFFECTOS TERMICOS \*



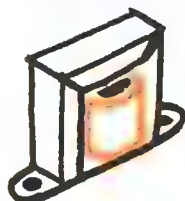
La estufa, la plancha, el horno eléctrico, la cafetera...

## EFFECTOS QUIMICOS



Recubrimientos metálicos, cromados, niquelados...

## EFFECTOS MAGNETICOS \*



Transformadores, electroimanes de aplicaciones múltiples (timbres, por ejemplo)

## EFFECTOS MECANICOS



Motores

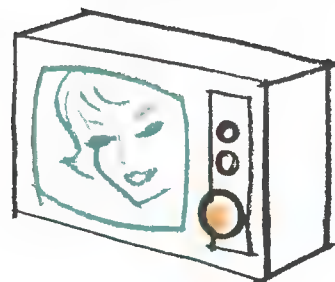
## EFFECTOS LUMINOSOS



Lámpara incandescente, arca voltaico, lámpara fluorescente...



Los circuitos de radio y TV. actúan principalmente por efectos térmicos y efectos magnéticos. El magnetismo y la acción térmica, al actuar conjuntamente sobre los distintos componentes de un circuito de radio, permiten la transformación de ondas electromagnéticas en ondas audibles.



Cabe preguntarse en cuál de estos efectos debemos incluir los fenómenos radiofónicos. Es lógico.

Sepa, pues, que la radio y la televisión actúan fundamentalmente por dos tipos de efectos, los magnéticos y los caloríficos, que provocan una serie de mutaciones electrónicas que, convenientemente ligadas y controladas, captan las vibracio-

nes electromagnéticas emitidas por una antena y las convierten nuevamente en sonido o imagen.

Medita ahora un momento y vuelva a imaginar una Humanidad que desconoce la electricidad. Ahora que tenemos tantas cosas que nos son familiares, piense por un momento lo que sucedería si durante un año el Mundo se quedase sin producción de energía eléctrica.



Esta es su arma y éste su porvenir: la electricidad, el estudio de los fenómenos electrónicos y de sus aplicaciones, el pan nuestro de cada día de la civilización moderna. Es y será la técnica más apreciada y de efectos más espectaculares. La electricidad no es de hoy: es de mañana.

El hombre está lanzado a la conquista del espacio; por poco que se interese por estas cosas, verá que a cada paso se tropieza con una nueva y maravillosa aplicación de la electricidad.

Y en nuestra vida cotidiana, sin salir de la vieja Tierra, ¡cuántas maravillas!... Un aparato de radio no mayor que un paquete de tabaco; una máquina de calcular capaz de hacer el trabajo de cincuenta *hombres de números*. Sentado en su

sillón predilecto, puede contemplar un partido de fútbol que se celebra a cientos de kilómetros de distancia. El 23 de julio de 1962 se retrasmirió el primer programa de televisión intercontinental vía satélite (el Telstar): nació la Mundialvisión. La televisión dejó de tener fronteras; América y Europa ya pueden verse. He ahí una nueva y reciente maravilla a la que podremos añadir muchas más.

¿Y el campo de los aparatos electrodomésticos? La electricidad ha invadido nuestros hogares. Máquinas que reducen el trabajo casero a un mínimo de esfuerzo... y siga añadiendo comodidades que le rodean y que nos pasan inadvertidas por la mala costumbre que tenemos de... ¡acostumbrarnos a todo!



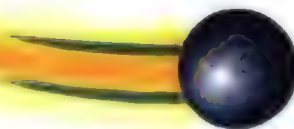


# 1

## ELECTROTECNIA

Con este capítulo empezamos el estudio de la electrotecnia o ciencia que estudia la electricidad. Es lógico que como premisa indispensable quiera usted saber qué cosa es la electricidad y los orígenes de la misma, y crea que nada iba a satisfacerme tanto como poder darle una respuesta categórica. Esta posibilidad representaría nada más y nada menos que haber descubierto lo que siglos de ciencia no han podido aclarar. Con la electricidad, ciertamente, sabemos conseguir muchísimos y muy provechosos efectos; pero que sepamos aprovechar una fuerza (la electricidad, en definitiva, es una fuerza) no implica un conocimiento real de la naturaleza de esta fuerza.

La causa de la electricidad debe encontrarse en la forma íntima de la materia; y, aunque no se haya llegado al fondo de la cuestión, el estudio de la teoría electrónica de la materia es lo que más nos acerca a una definición categórica de la electricidad.





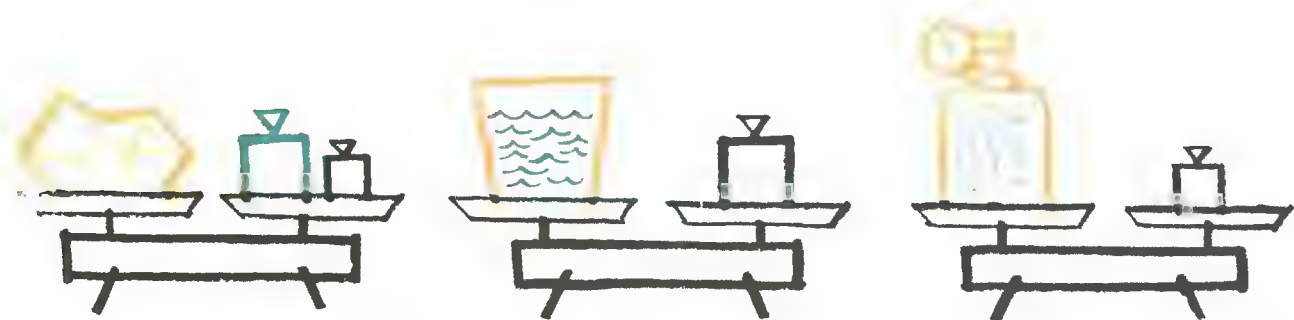
## LA MATERIA

Por materia se entiende todo aquello que está sujeto a las leyes físico-químicas. El aire, el agua, las nubes, las piedras, todo lo que de una manera u otra podemos medir, es materia.

La materia siempre tiene un peso.

LA MATERIA SE MANIFIESTA EN TRES ESTADOS FÍSICOS DIFERENTES: SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES; y la

gran preocupación de los sabios de todos los tiempos ha sido descifrar la naturaleza de esta materia que en tan variadas formas se nos presenta. ¿De qué está formada? ¿Qué elementos la componen? Estas preguntas han constituido una obsesión para los hombres preocupados en analizar el origen de las cosas.



Demócrito, un filósofo griego nacido 465 años antes de J. C., con intuición genial, intentando penetrar en la esencia de la materia, desarrolló una teoría atómica casi completa. Su teoría se basaba en la posibilidad de división de los materiales. En efecto, Demócrito decía: Si puedo dividir en pedazos un terrón de tierra, si estos pedazos, estrujándolos entre mis manos, quedan reducidos a pequeños granos, estos granos, al ser machacados, se convertirán en polvo finísimo. Si estos fragmentos diminutos que constituyen el polvo se pudieran dividir, se convertirían en otros más pequeños aún; pero llegaría un momento en que no podría dividirlos más pues se destruiría la misma materia. A estas partes indivisibles las llamó ÁTOMOS, que en griego significan INDIVISIBLES.

En tiempos de Demócrito se creía que la materia se manifestaba en cuatro formas fundamentales: fuego, tierra, agua y aire. Según la teoría anterior, estas cuatro manifestaciones estarían constituidas por átomos de fuego, átomos de tierra, átomos de agua y átomos de aire.

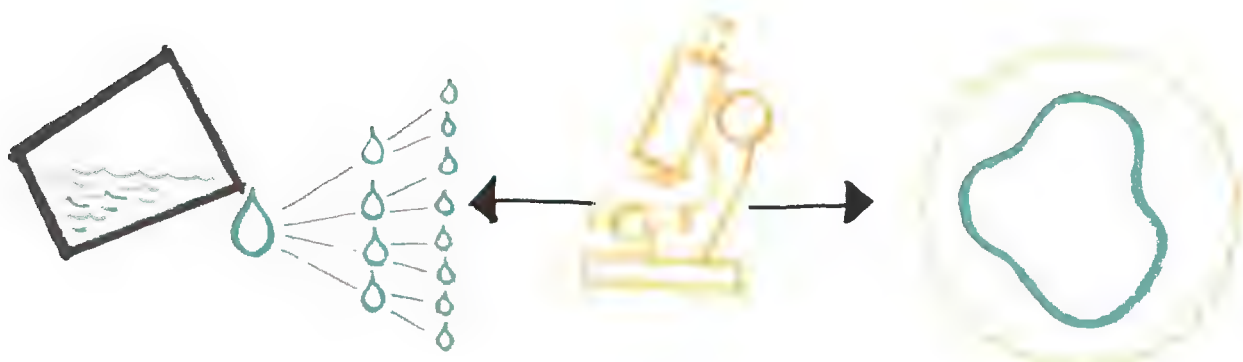
Demócrito, por puro razonamiento intelectual, estuvo bastante cerca de la verdad. La faltó un solo paso, trascendental paso, para sentar todos los principios de la moderna teoría atómica.



## LA MOLECULA Y EL ATOMO

Ahora, nosotros, vamos a realizar también la experiencia de Demócrito. Tome, por ejemplo, un vaso de agua y divida su contenido cuantas veces le sea posible. Llegará, por este sistema de división, a obtener una gota, gota que reducida miles

de veces se convertirá en una gotita invisible. Si coloca esta gota pequeñísima bajo la lente de un microscopio, verá que aún son posibles más divisiones, puesto que seguimos en presencia de una cierta cantidad de agua; ínfima, pero cantidad.



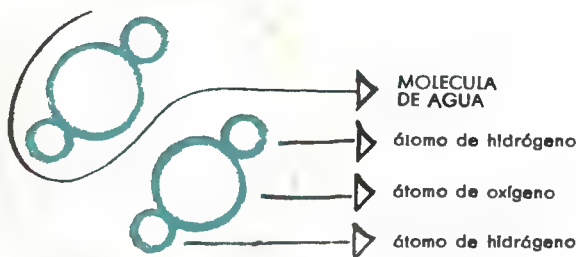
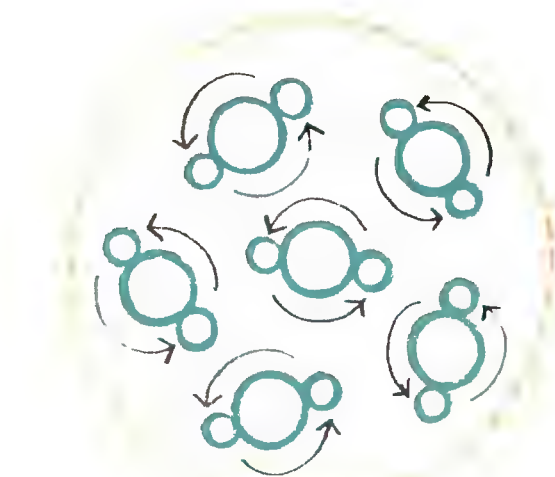
Suponga que dispone de un microscopio potentísimo, mucho más potente que todos los que existen en la actualidad; un súpermicroscopio que usted se inventa fabricándolo con la imaginación. Si con él observa aquella partícula pequeñísima de agua, verá dentro de ella grupos de tres formas aparentemente esféricas, una mayor y otras dos más pequeñas, en las que se aprecia la existencia de un movimiento vertiginoso.

Si un químico analizara el conjunto de esas tres formas esféricas, diría que es agua. Pero si realizara el análisis TOMANDO POR SEPARADO CADA UNA DE ESAS TRES FORMAS, llegaría a la conclusión de que la forma mayor es un átomo de oxígeno, y las dos menores, dos átomos de hidrógeno.

Fíjese: DOS ÁTOMOS DE HIDRÓGENO Y UNO DE OXÍGENO, COMBINADOS, FORMAN LA MENOR PARTICULA DE AGUA QUE ES POSIBLE OBTENER. A esta mínima cantidad de agua le llamamos MOLÉCULA DE AGUA. Por tanto, ES MOLÉCULA LA MÍNIMA PARTE DE LA MATERIA QUE CONSERVA TODAS SUS PROPIEDADES. Es decir, aquello que equivocadamente Demócrito llamó ÁTOMO, para nosotros es MOLÉCULA.

La molécula representa el límite posible para una división física de la materia. En teoría, la molécula es la mínima partícula que podemos conseguir por medios físicos.

Pasado el límite molecular, toda escisión afecta la estructura atómica.



## CUERPOS COMPUESTOS Y ELEMENTOS

Lo mismo que hemos hecho con el agua, podemos hacer ahora con un trozo de tiza o yeso. Triturando este material hasta el límite molecular, indiscutiblemente, sigue siendo tiza, ya que conserva todas sus propiedades características. Pero si un químico analizara cualquiera de estas moléculas, nos diría que está formada por tres sustancias distintas que, individualmente, no presentan ninguna semejanza con la molécula de donde proceden.

Estas sustancias son: azufre, oxígeno y calcio. Luego la molécula de yeso está constituida por átomos de azufre, átomos de oxígeno y átomos de calcio.

LOS CUERPOS FORMADOS POR LA COMBINACIÓN DE ÁTOMOS DISTINTOS RECIBEN EL NOMBRE DE CUERPOS COMPUESTOS.

Otros cuerpos, sin embargo, están formados por una sola clase de átomos. El oro, por ejemplo, está constituido únicamente por átomos de oro. La plata, por átomos de plata. El cobre, por átomos de cobre, etc.

LOS CUERPOS FORMADOS POR LA COMBINACIÓN DE ÁTOMOS IGUALES RECIBEN EL NOMBRE DE CUERPOS SIMPLES O ELEMENTOS.

Como acabamos de ver, y contra lo que se creía en tiempos de Demócrito, nosotros sostenemos que no existen átomos de fuego, ni de agua,

sino que las moléculas de los cuerpos están formadas por átomos iguales o distintos.

Conocemos hasta cien clases de ELEMENTOS que combinados entre sí forman las manifestaciones posibles de la materia. Con los elementos sucede como con los signos numéricos. Sólo existen diez signos distintos: del 0 al 9. Tómelos usted, combínelos, y podrá formar infinitos números, distintos todos ellos. Su cuerpo, por ejemplo, huesos, músculos, nervios, pelo, membrana, etc., se compone únicamente de seis tipos fundamentales de átomos distintos.

Me imagino que habrá estado alguna vez en lo alto de la montaña. Le habrá impresionado contemplar el inmenso panorama que desde ella se domina: los valles profundos, el río que serpentea, las cordilleras del horizonte, las infinitas variedades de árboles y plantas, los animales... todo. Pues bien, *todo* eso está formado por una maravillosa combinación de unos cuantos tipos de átomos.

Por lo tanto, aceptando sólo en parte aquella teoría que enunció Demócrito, diremos que LA MATERIA ES UNA SUMA DE MOLÉCULAS, LAS CUALES SE COMPONEN DE ÁTOMOS, DE LOS QUE SE CONOCEN CIENTOS TIPOS DISTINTOS; Y QUE LA COMBINACIÓN DE MÁS O MENOS ÁTOMOS IGUALES Y MÁS O MENOS ÁTOMOS DISTINTOS, FORMA LOS CUERPOS COMPUESTOS.

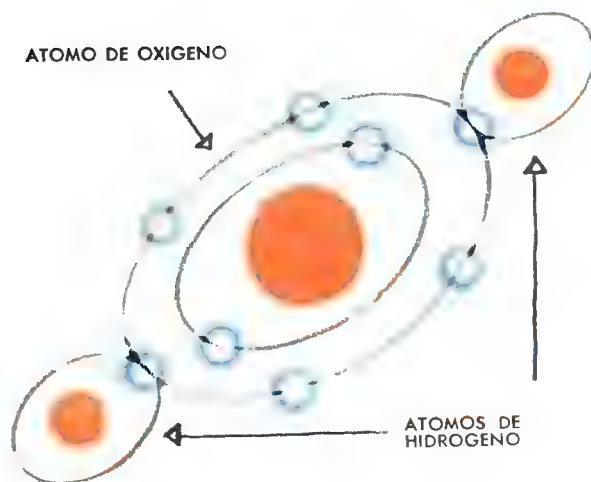




## LA ESTRUCTURA DEL ATOMO

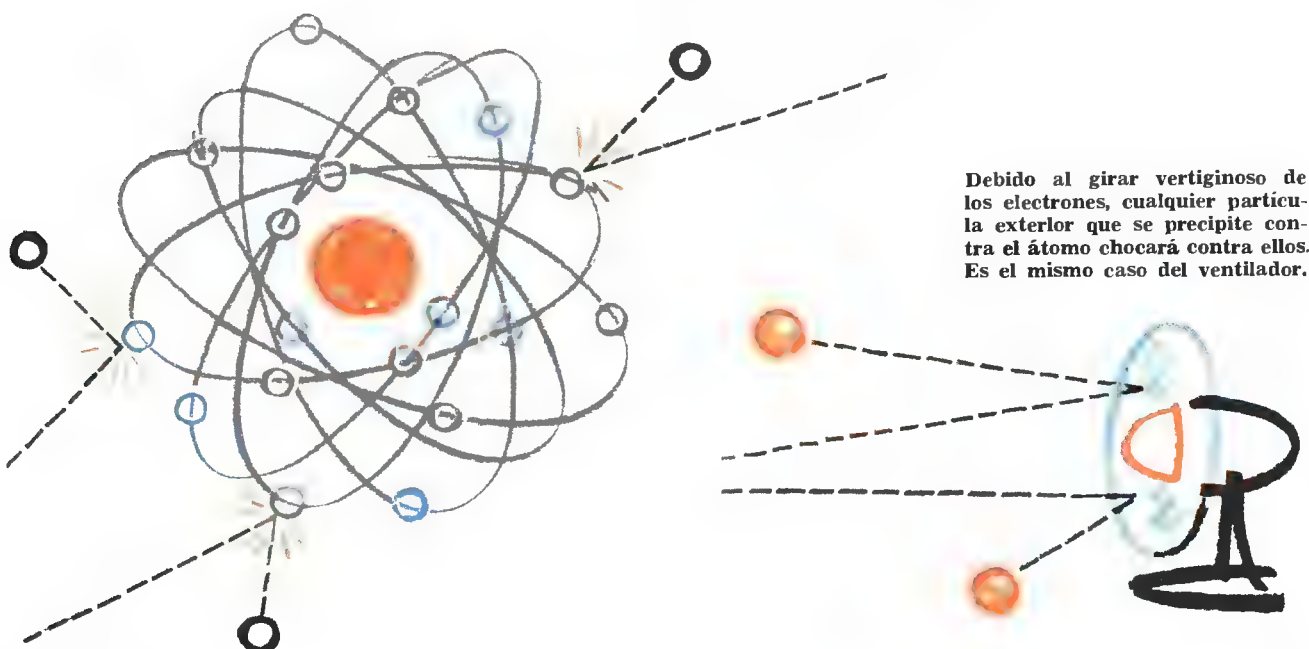
Volvamos otra vez a nuestro potente microscopio imaginario. Observemos de nuevo la molécula de agua. Dentro de ella, como hemos dicho antes, apreciamos tres formas, algo así como tres bolas de billar puestas en contacto, una de las cuales es mayor que las otras dos. Entremos en esta última ampliando el poder de aumento de nuestro súpermicroscopio particular... ¡y nos encontramos ante un asombroso sistema solar en miniatura! Vemos un *sol* central envuelto por dos órbitas concéntricas. En la más próxima a él giran dos *satélites*, y en la que envuelve a ésta seis más. En las dos bolas restantes, sin embargo, sólo existe un *sol* y un *satélite* cuya órbita pasa por la órbita externa de la bola mayor. Estamos contemplando un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno.

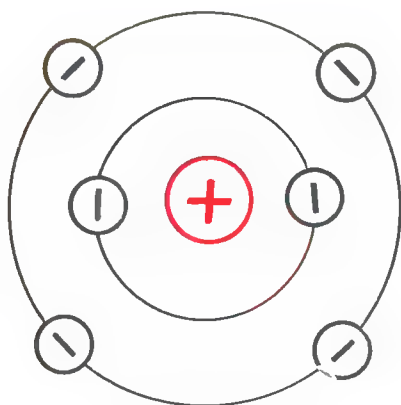
Si observamos atentamente cualquiera de estos átomos, veremos que la distancia que existe entre el *sol* y los *satélites* resulta enorme si la comparamos con el tamaño de los mismos, por lo que podemos decir que el tamaño de cada átomo es considerablemente mayor que la suma del espacio ocupado por el *sol* y sus *satélites*. Visto así, podemos decir que en el átomo existe una parte pequeñísima ocupada por el *sol* y los *satélites* y que en la otra parte restante... no hay nada. Si en cada átomo sucede lo mismo, por igual razón podemos asegurar que gran parte de la materia es sólo vacío.



Ahora me preguntará usted: ¿Cómo, entonces, la materia ocupa un espacio definido y concreto? ¿Cómo ofrece esa terrible resistencia cuando la estrujamos con las manos, si gran parte de ella es sólo vacío?

Según la teoría de Bohr, esos *satélites*, al girar velozmente por sus órbitas, que varían constantemente de plano, forman una *pared* prácticamente sólida, como la que engendra la hélice de un ventilador cuando se pone en marcha su motor. Esta hélice, que ocupa un mínimo espacio de la trayectoria que describe, forma una barrera; si usted intenta cruzarla por medio de cualquier objeto, éste será violentamente rechazado, ya que si lleva menos velocidad que las palas de la hélice chocará siempre con una de ellas.



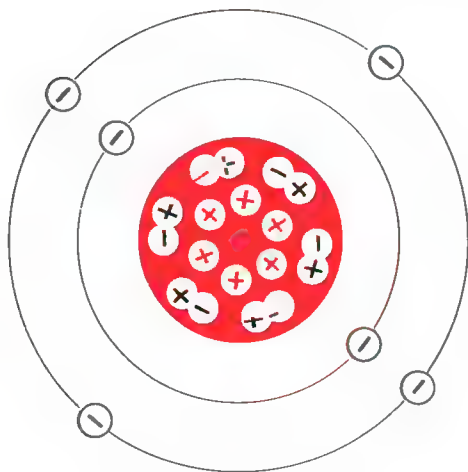
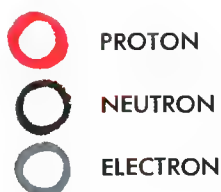
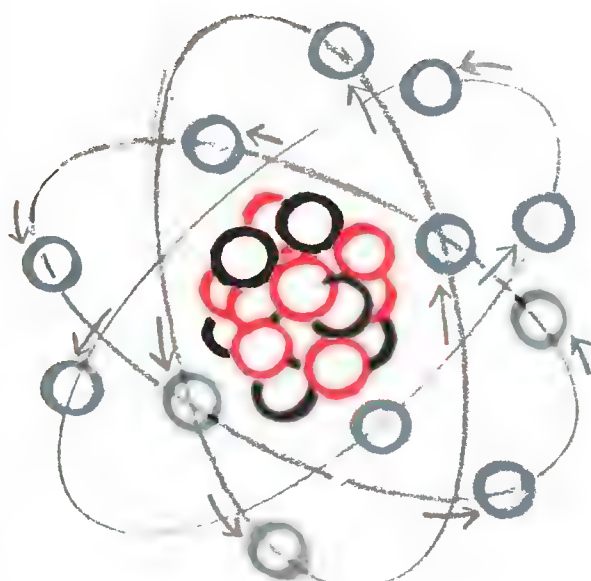


Lo que llamamos sol es el núcleo del átomo. Y los satélites, son los electrones.

El NÚCLEO del átomo lleva una *carga positiva* y los ELECTRONES son *cargas negativas*. Las cargas positivas del núcleo se llaman *protones*. Al lado de éstos están los *neutrones*, partículas neutras sin carga o con carga positiva y negativa que se anulan mutuamente.

Quizás en este momento usted se estará preguntando: ¿Pero es que los átomos se ven? Y yo le contesto que no. Nadie ha visto un átomo ni su estructura interna. Y usted, que es consecuente, insiste de nuevo: Pues si nadie los ha visto, no entiendo por qué podemos saber cómo son.

Voy a intentar contestarle. Existe una ley física que dice: «No hay efecto sin causa.» Si usted acerca una cerilla a cualquier parte de su cuerpo, percibirá los *efectos* del calor, por lo que no hay duda que la *causa* está en la llama de esa cerilla. A determinados efectos corresponden determinadas causas. Estudiando los efectos de la electricidad, los hombres de ciencia han llegado a descubrir las causas que los originan; por eso, los fenómenos eléctricos solamente pueden explicarse suponiendo la existencia de estas partículas atómicas con cargas positivas y negativas. Suposición tantas veces experimentada que ha pasado a ser una realidad tan viva, tan concreta, como usted o como yo.

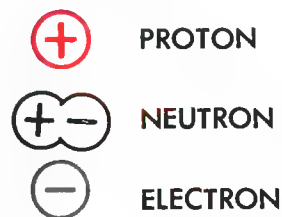


## ATOMOS NEUTROS Y EXCITADOS

Volvamos al átomo. En él, los electrones (—) son atraídos por los protones del núcleo, pero esta fuerza de atracción es contrarrestada por otra fuerza de dirección inversa: la fuerza centrífuga.

Para la representación esquemática de un átomo nos valemos de estos símbolos.

El neutrón lo representamos por una carga positiva y otra negativa que se neutralizan mutuamente, aunque, en realidad, se trate de una sola partícula.



Piense en el clásico experimento del cubo lleno de agua. Tómelo y dele vueltas moviendo el brazo como el aspa de un molino. Cuando el cubo está boca abajo, el agua no se derrama; pero es indudable que si mantiene quieto el cubo en esa posición, el agua se le vendrá encima. ¿Qué es, entonces, lo que mantiene al agua adherida al fondo del cubo cuando éste está en movimiento? Pues la fuerza centrífuga, la misma que impide que los electrones se precipiten sobre el núcleo que los atrae.

Sin embargo, los electrones de las órbitas externas del átomo (concretamente los de la última), al estar más lejos se sienten menos atraídos por los protones del núcleo, por lo que puede suceder que abandonen el átomo. Entonces se dice que éste se ha *excitado*.

El átomo tiende siempre a equilibrar sus cargas positivas y negativas. Cuando en el átomo existe el mismo número de cargas positivas que de negativas, decimos que es un átomo *neutro*.

## LA CAUSA DE LA ELECTRICIDAD

Cuando las cargas negativas, es decir, los electrones, escapan, el átomo tiende a captar nuevos electrones para equilibrarse, ya que le sobran cargas positivas. Tal tendencia produce un desplazamiento, un movimiento entre los electrones de los átomos de la materia. ESTE MOVIMIENTO DE LOS ELECTRONES ES LA CAUSA DE LA ELECTRICIDAD. Cuando esto sucede, decimos que en el cuerpo se ha creado un ESTADO ELÉCTRICO.

Mas para que este movimiento se produzca, debe mediar una acción externa, una fuerza que active los elementos de las órbitas externas del átomo. Es la llamada FUERZA ELECTROMOTRIZ. Los seis medios de los que nos valemos para producirla son: frotamiento, acción química, magnetismo, luz, calor y presión. Los aparatos en que se produce esa fuerza electromotriz se llaman *generadores de electricidad*.

Si los átomos de un cuerpo están en estado neutro, el cuerpo también estará en estado eléctricamente neutro. Cuando un cuerpo, por medio de la fuerza electromotriz, pierde electrones (—) y quedan en él protones (+) de más, decimos que queda con carga positiva.



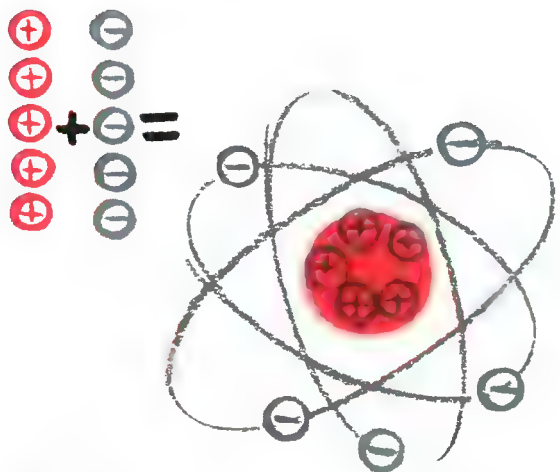
UN CUERPO QUEDA CON CARGA POSITIVA CUANDO LE FALTAN ELECTRONES.

Si le ocurre lo contrario, es decir, cuando contiene un exceso de electrones, queda cargado negativamente.

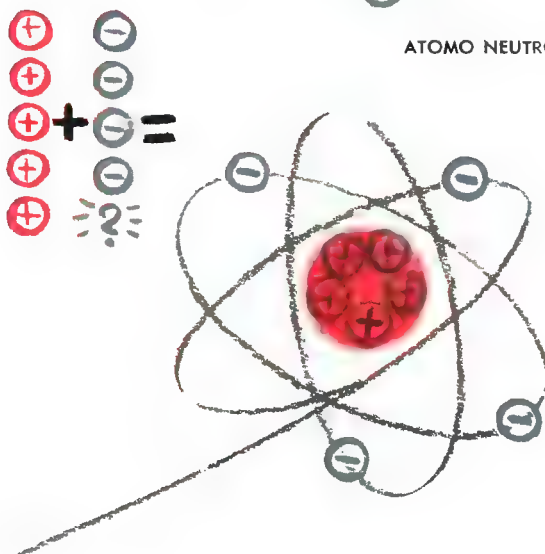
UN CUERPO QUEDA CON CARGA NEGATIVA CUANDO CONTIENE EXCESO DE ELECTRONES.

Advierta que sólo hablamos de desplazamiento de electrones y que nada decimos del movimiento de los protones. En medios sólidos, sólo se desplazan cargas negativas o electrones.

Hablamos de partículas atómicas y de ellas sólo el electrón, por medios normales, abandona la es-



ATOMO NEUTRO



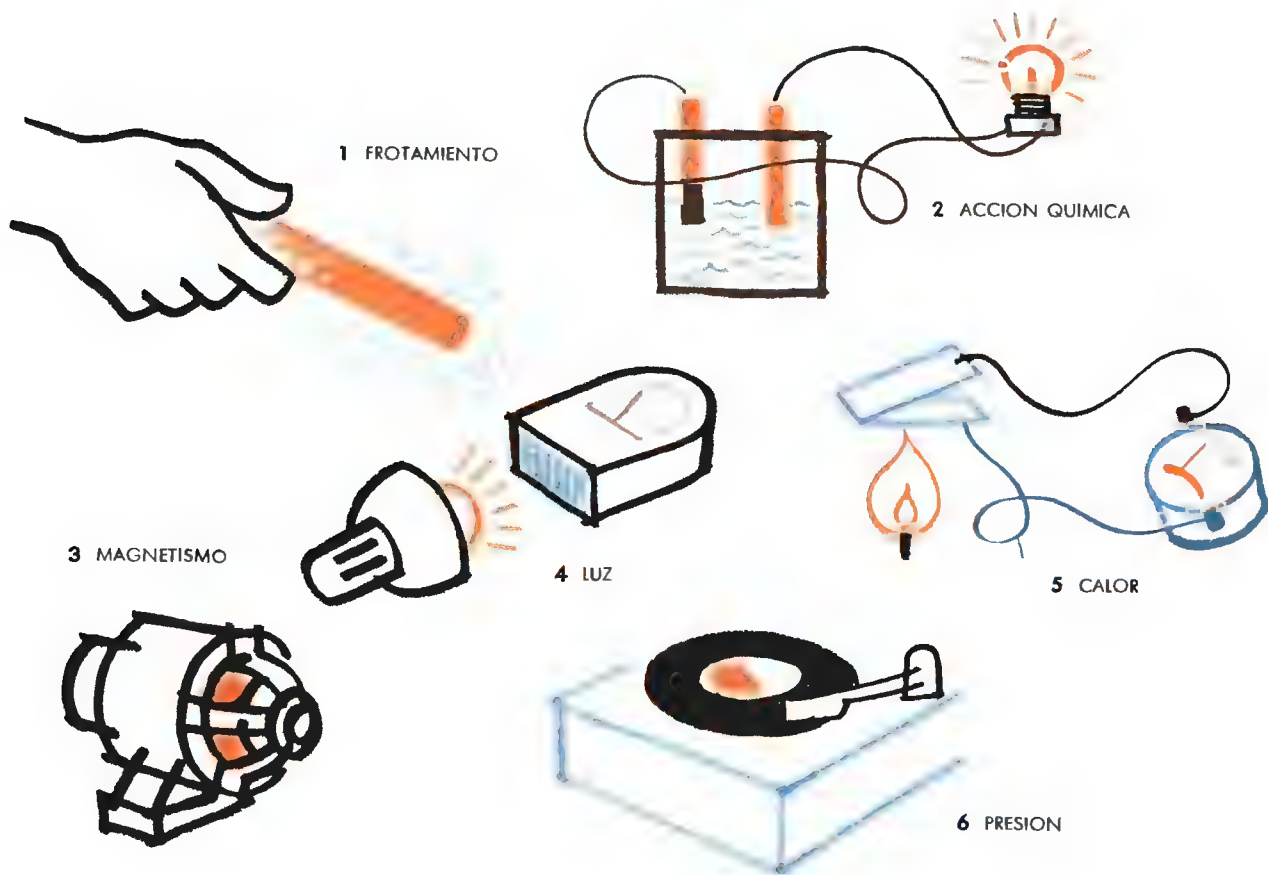
ATOMO EXCITADO

tructura de que forma parte. Como veremos en próximas lecciones, existe otro tipo de cargas que en medios líquidos (disoluciones) transportan cargas positivas o negativas.

Resumiendo: La electricidad se manifiesta cuando en la materia se provoca un desequilibrio entre las cargas positivas y negativas de los átomos, desequilibrio que se produce cuando los electrones escapan de su órbita. En otras palabras, diremos que la electricidad se manifiesta cuando la materia contiene átomos excitados.

Hemos dicho que provocar el estado eléctrico de un cuerpo requiere una previa liberación de

energía, una fuerza electromotriz que puede ser un simple frotamiento, como en el caso de la electrización de sustancias resinosas; una acción química, como en el caso de las pilas; la luz, con un ejemplo característico en las células fotoeléctricas; el calor, en los pares termoelectrónicos, el magnetismo —caso de las dinamos y alternadores— y la presión, con el ejemplo característico de la reproducción fonográfica.



## ELECTROSTATICA

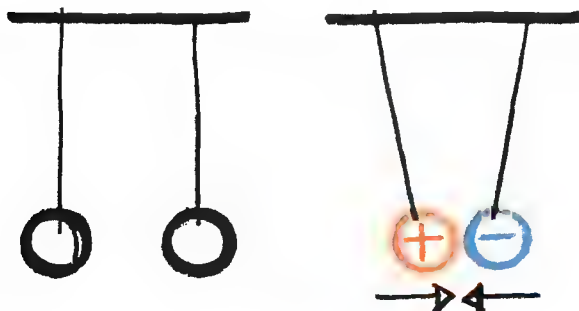
ES LA PARTE DE LA ELECTRICIDAD QUE ESTUDIA LOS FENÓMENOS QUE SE PRODUCEN DENTRO DE LOS CUERPOS SEGÚN SEA EL SIGNO DE SU CARGA.

Los cuerpos cargados de electricidad no se comportan de manera normal. Los que no tienen carga eléctrica por estar compuestos de átomos en los que existen igual número de cargas positivas y negativas, esto es, los cuerpos neutros, ni se atraen ni se repelen. Por el contrario, los cuerpos cargados eléctricamente se atraen o se repelen según sea el signo de sus cargas (+ ó —).

La denominación positiva y negativa para designar la electricidad en relación al tipo de su carga se debe a Benjamín Franklin, quien, estudiando el comportamiento mutuo del lacre y del vidrio electrizados, llegó a la conclusión de que debían existir dos tipos de electricidad. Llamó electricidad positiva a la del vidrio, denominación que ha perdurado a través de los años. Advierta que se trata de una denominación convencional que, de por sí, nada define. Se trata sólo de diferenciar dos compartimientos opuestos de la electricidad.



Imaginemos dos bolas colgadas de una barra de material aislante. Si no están cargadas, colgarán en perfecta perpendicular sin experimentar movimiento alguno. Pero si una de las bolas tiene carga positiva (+) y la otra negativa (—), tenderán a juntarse:



Dos bolas sin carga penden verticalmente. Si las bolas tienen carga de signo contrario se atraerán entre sí.

CARGAS DE SIGNO DISTINTO SE ATRAEN.

Si sus cargas son positivas en una y otra bola, o negativas en ambas, tenderán a separarse:

CARGAS DE SIGNO IGUAL SE REPELEN.

Véalo en forma gráfica:



Dos bolas con cargas de igual signo se rechazarán mutuamente. Las cargas de igual signo se repelen entre sí.

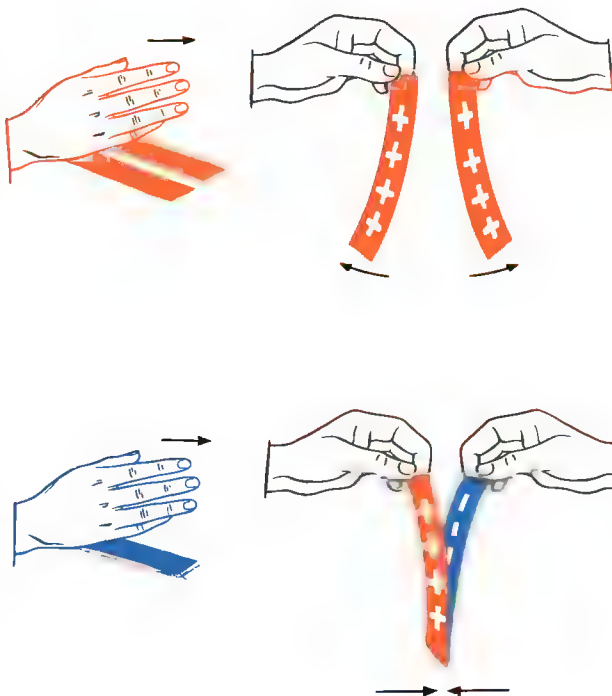
## EL EXPERIMENTO DE LAS TIRAS DE PAPEL

Y ahora compruébelo usted por sí mismo: Corte dos tiras de papel de periódico de unos 20 cm de largo por dos o tres cm. de ancho. Colóquelas cercanas, pero separadas, encima de una mesa y frótelas al mismo tiempo pasando sobre ellas la mano repetidas veces. Usted es en este momento un auténtico generador de electricidad y está produciendo *fuerza electromotriz*. ¿Se acuerda? «Fuerza electromotriz por frotamiento».

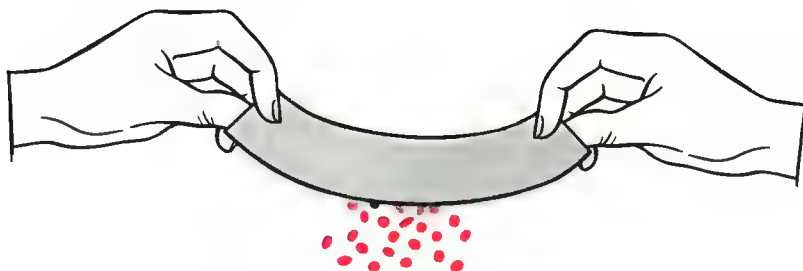
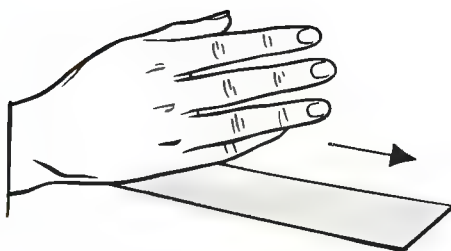
Los electrones de los átomos de las tiras de papel han pasado a su mano; usted ha *robado* electrones a las tiras y éstas han quedado cargadas positivamente.

Vamos a ver qué tal generador de fuerza electromotriz es usted. Coloque las tiras en sentido vertical y advertirá en ellas una tendencia a separarse: CARGAS DE IGUAL SIGNO SE REPELEN.

Ahora coloque una tira encima de la otra y frótelas de nuevo. Al intentar separarlas notará en ellas cierta resistencia y que tienden a juntarse por la parte inferior. ¿Qué es lo que ha ocurrido ahora? Sencillamente, usted ha *robado* electrones a la tira superior, y ésta, siguiendo su ejemplo, se los ha quitado a la que tenía debajo. La tira inferior ha quedado con defecto de electrones, es decir, con carga positiva, mientras que la superior los ha tomado en exceso quedando con carga negativa: CARGAS DE DISTINTO SIGNO SE ATRAEN.



Vea la explicación gráfica del experimento reseñado. Advertimos que el éxito de estas experiencias electrostáticas depende de muchas circunstancias (humedad ambiente, conductividad de la mesa, porosidad del papel, etc.) que algunas veces mitigan o anulan los efectos esperados.



Para comprobar la afección de electrones de un material con carga positiva, puede hacer lo siguiente: tome una de las tiras de papel de periódico y algunos trocitos muy pequeños del mismo papel, más pequeños aún que el confetti. Frote la tira repetidas veces, con lo que quedará cargada positivamente. Tómla con las dos manos y acérquela horizontalmente a los pedacitos de papel, que por no estar frotados estarán en estado neutro. Los pedacitos de papel comenzarán a bailar con manifiesta tendencia a quedar adheridos a la tira de papel. Usted ya ha adivinado lo que sucede,

¿verdad que sí? La tira que tiene en sus manos intenta absorber los electrones de los trocitos de papel, y para ello *quiere* atraerlos.

Una advertencia: Antes de que se ponga a realizar estos experimentos, caliente un poco los papeles que empleará para realizarlos, con el fin de que pierdan la humedad que pudieran contener. Pero ¡no se confunda!, no los calentamos para que se carguen (aquí el único que actúa de generador de fuerza electromotriz es usted), sino para que queden completamente secos. De este modo asegurará el éxito del experimento.

## LEY DE COULOMB

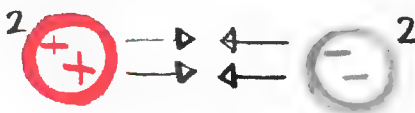
Charles de Coulomb, un físico francés nacido en el siglo XVIII, al observar las atracciones y repulsiones de las masas eléctricas, enunció la siguiente ley:

LA FUERZA CON QUE SE ATRAEN O SE REPELEN DOS MASAS ELÉCTRICAS ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL PRODUCTO DE SUS MASAS E INVERSAMENTE PROPORCIONAL AL CUADRADO DE SUS DISTANCIAS. Decimos que dos cantidades son directamente proporcionales, cuando aumentando la una se produce un aumento de la otra. Serán inversamente proporcionales cuando al aumentar una disminuye la otra.

Vamos a explicar un poco esta ley: Supongamos una masa cargada positivamente y otra negativamente. Por tanto, entre ellas, al tener signo contrario, se establece una fuerza de atracción.



Aumentando hasta el doble la carga positiva y negativa en una y otra tendremos que la fuerza de atracción, al ser directamente proporcional al producto de las masas, ha aumentado cuatro veces, o sea:  $2 \times 2 = 4$ .





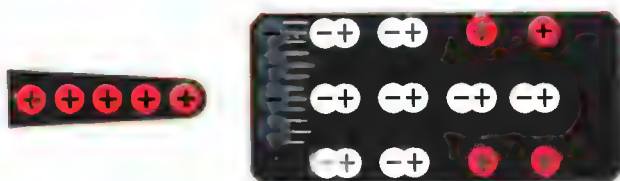
Ahora desplazemos la masa positiva dos cm hacia la izquierda y la negativa dos cm hacia la derecha:



Tendremos que la fuerza de atracción — al ser inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias, y siendo ésta de 4 cm — habrá disminuido dieciséis veces, ya que  $4^2 = 16$ .

Si las cargas de las masas fueran, por lo contrario, del mismo signo, la fuerza de repulsión sería proporcional a 4 en el primer caso e inversamente a 16 en el segundo.

## TRANSMISION DE CARGAS EN UNA BARRA DE METAL



1. — Los electrones de la barra son atraídos por las cargas positivas de la varilla.



2. — Cuando la varilla toca la barra, los electrones penetran en ella.



3. — Al retirar la varilla, la barra queda con carga positiva.

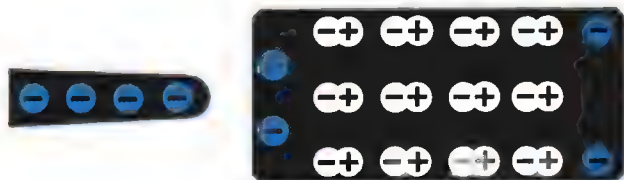


1. — Los electrones de la barra son rechazados por los de la varilla.



2. — Los electrones de la varilla penetran en la barra.

Tomemos ahora una varilla con carga negativa (exceso de electrones) y acerquémosla poco a poco a la barra descargada o neutra. A medida que acercamos la varilla, los electrones de la barra se desplazan hacia su parte opuesta, es decir, hacia la porción de la barra más alejada de la varilla, por ser repelidos por los electrones de ésta. Entonces sucede que la porción de barra cercana a la varilla, al carecer de los electrones que han huido, se carga positivamente. En el momento de poner en contacto la varilla con la barra, los electrones que tiene en exceso la varilla pasan a la barra para neutralizar la carga positiva de esa zona, conservando la parte más alejada de la barra su carga negativa.



3. — Al retirar la varilla queda un exceso de electrones (carga negativa) en la barra.

REALIZADAS AMBAS EXPERIENCIAS PODREMOS DECIR: CUANDO UN OBJETO CARGADO TOCA A UN OBJETO DESCARGADO, PIERDE PARTE DE SU CARGA TRANSMITIÉNDOLE AL OBJETO SIN CARGA HASTA QUE LA CANTIDAD DE CARGA EN AMBOS SE IGUALA.

Pongamos un ejemplo. Si usted toma dos recipientes de la misma capacidad y echa en uno un litro de agua en el otro dos y los comunica por su base valiéndose de un tubo, en pocos momentos el distinto nivel de agua de los recipientes se habrá igualado y ambos contendrán la misma cantidad de agua (litro y medio cada uno).



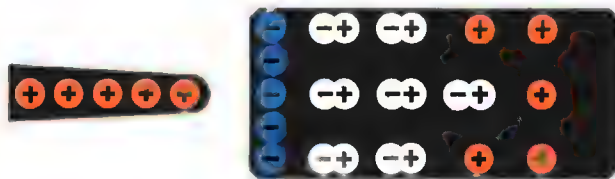
### SIMIL HIDRAULICO

La carga de los dos depósitos (cantidad de agua) se igualará a través de la conducción. El depósito con más carga cederá la que precise el depósito menos cargado.

## TRANSMISION DE CARGAS POR INDUCCION

Ahora supongamos que, en vez de tocar la barra con la varilla, nos limitamos simplemente a aproximarla a la barra neutra. Si la varilla tiene carga positiva, los electrones de la barra se desplazarán hacia su parte más próxima a la varilla,

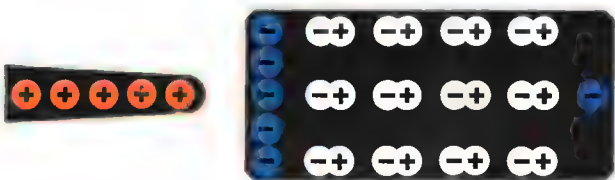
cargándose negativamente esta zona, mientras que en la parte opuesta habrá un exceso de carga positiva. Si cedemos electrones por este extremo (tocando con el dedo por ejemplo) la barra quedará con carga negativa.



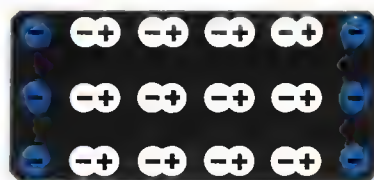
1. — Los electrones de la barra son atraídos por la varilla.



2. — Los electrones pasan del dedo a la barra.



3. — Al retirar el dedo, la mayoría de cargas se neutralizan.



4. — Retirada la varilla, la barra queda con carga negativa.

Si la varilla tiene carga negativa, sucede lo contrario que en el caso anterior. Al aproximarla a la barra neutra, los electrones huirán hacia el extremo de la barra más lejano a la varilla. En este momento tendremos carga positiva en la



1. — Los electrones de la barra son rechazados.



2. — Los electrones de la barra pasan al dedo.



3. — Al retirar el dedo, la barra queda con cargas positivas y cargas neutras.



4. — Retirada la varilla, la barra queda con carga positiva.

## DESCARGAS

En estas experiencias hemos visto cómo, por medio del contacto y la inducción, un cuerpo neutro puede adquirir carga positiva o negativa. Ahora vamos a ver cómo un cuerpo cargado se puede descargar o neutralizar.

Esta descarga puede realizarse:

### Por un conductor

Tomemos dos barras, una con carga positiva y otra con carga negativa. En virtud del principio de que las cargas tienden a equilibrarse, si unimos ambas barras con un alambre ofrecemos a los electrones una vía por la que, saliendo de la barra cargada negativamente, pasen a la barra con carga positiva neutralizándola; y por la misma razón, al marcharse estos electrones de la barra cargada negativamente, ésta también habrá quedado equilibrada.

### Por contacto

Lo mismo sucederá si en vez de utilizar un alambre conductor aproximamos las barras hasta ponerlas en contacto.



DESCARGA POR CONDUCTOR



DESCARGA POR CONTACTO

### Por arco

Si utilizamos dos barras excesivamente cargadas positiva y negativamente, al aproximarlas, sin necesidad de que se toquen, los electrones *salta-*

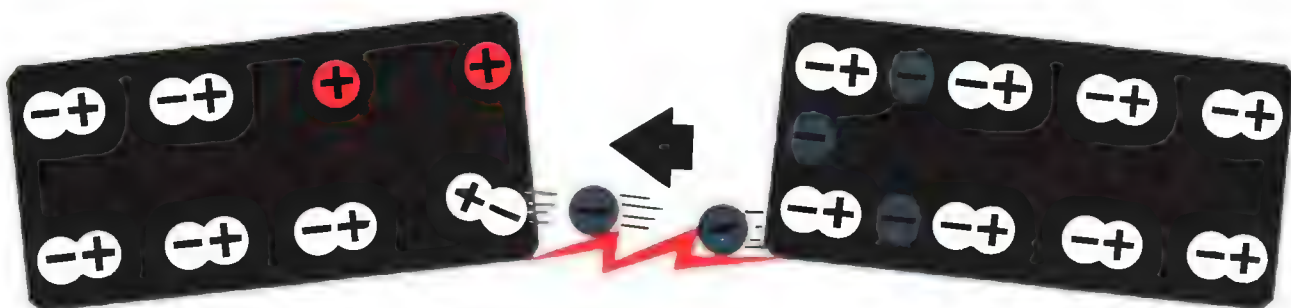


rán de una a la otra formando un arco, esto es, una especie de chispa de gran potencia luminosa que permanecerá hasta que las cargas de ambas barras se hayan equilibrado, cosa que ocurre en una fracción de segundo. Cuando las cargas de distinto signo son muy fuertes, esta chispa puede saltar a través de largos espacios provocando arcos de muchos metros de longitud.

Estoy seguro que usted ha presenciado alguna tormenta. Habrá visto brotar de las negras nubes que oscurecen el cielo ese rayo que, serpenteando,

produciendo un ruido ensordecedor y expandiendo una luz visísima, cae sobre la tierra. Pues, amigo mío, acaba usted de presenciar un caso de *descarga por arco*: dos materiales de carga opuesta que son las nubes y la tierra, y el arco, que es el rayo.

Ese rayo que aterrorizaba a los hombres primitivos y al que adoraban como a un dios es para usted, hombre del siglo XX y futuro técnico electricista, algo tan sencillo como una *simple descarga eléctrica por arco*.

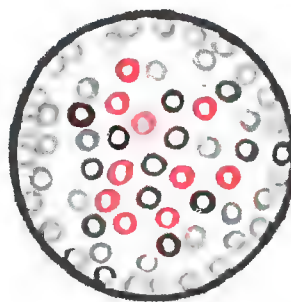


ESQUEMA SIMBOLICO DE UNA DESCARGA POR ARCO ELECTRICO

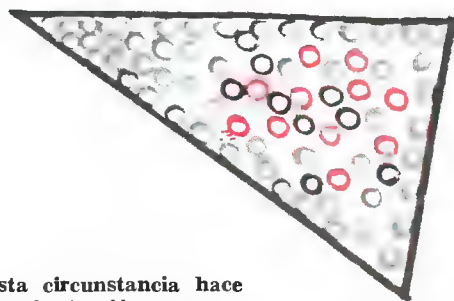
## TENSION SUPERFICIAL

Es la carga eléctrica existente en cada unidad de superficie. Se ha comprobado que las cargas eléctricas tienden a concentrarse en la superficie de los cuerpos. Una esfera cargada eléctricamente tendrá la mayor parte de su carga concentrada en la superficie, mientras su centro, prácticamente, está exento de electricidad. En vista de estos hechos podemos decir que a MENOS SUPERFICIE MÁS CARGA POR UNIDAD DE SUPERFICIE. En un cuerpo de forma cónica, por ejemplo, existirán más cargas eléctricas en su vértice que en su base. Por lo tanto, PARA UNA MISMA CARGA LA CONCENTRACIÓN DE CARGAS SUPERFICIALES SERÁ COMPARATIVAMENTE MAYOR CUANTO MENOR SEA LA SUPERFICIE.

Este es el llamado *poder de las puntas*. Los cuerpos muy cargados y terminados en punta son capaces de provocar una fuga de electrones que se escapan por esa punta en la que están, por decirlo así, excesivamente apiñados. Siendo muy fuerte la carga, se llega a producir, cuando los

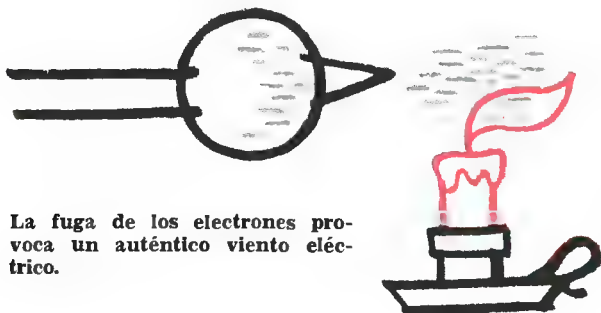


Las cargas eléctricas, sean positivas o negativas, se concentran en la superficie de los cuerpos cargados.



Esta circunstancia hace que la tensión sea mayor en las puntas que en las partes romas.

electrones escapan, un verdadero *viento eléctrico* que es capaz de desviar la llama de una bujía.



La fuga de los electrones provoca un auténtico viento eléctrico.

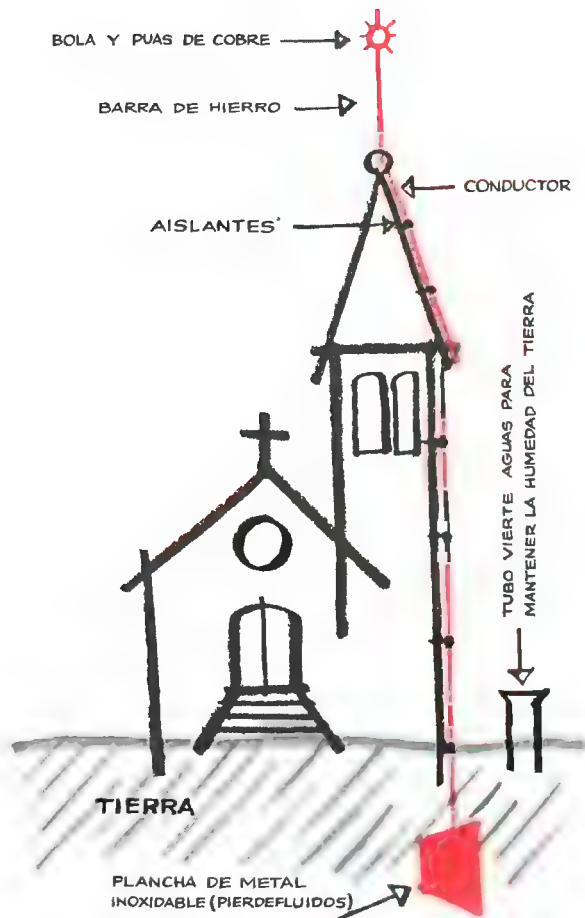
## EL PARARRAYOS

Benjamín Franklin, norteamericano, nacido en 1706, inventó el pararrayos basándose en el *poder de las puntas*.

El pararrayos es, en esencia, una barra de metal (hierro generalmente) de tres a cinco metros de longitud que termina en una bola o en un cono de cobre, metal muy buen conductor de la electricidad, erizado de púas. Por estas púas en punta se escapan los electrones formando ese *viento eléctrico* de que hablábamos antes. El pararrayos no es precisamente un para-rayos, sino un «provoca-rayos». Es decir, que sirve para lograr que los rayos caigan en un punto donde no produzcan daños. Se trata de dirigirlos a un sitio donde se disipe su energía. Por ello es de capital importancia su perfecta instalación: de lo contrario, en vez de ser una protección es un perjuicio.

Hace poco dijimos que el rayo saltaba de las nubes; pero ¿quién las carga de electricidad para que puedan producir el rayo? A esta pregunta yo le contesto con otra: ¿Se acuerda de la fuerza electromotriz creada por frotamiento? La fricción de las nubes con el aire hace que éste actúe de generador eléctrico y determine que aquéllas puedan cargarse de electricidad.

Cuando se aproxima la nube al pararrayos, salta la chispa sobre él descargándose la nube, y esta descarga pasa a través de un cable conductor unido al pararrayos y conectado en su extremo a una plancha de metal inoxidable enterrada. Es la llamada *plancha pierdefluidos*. Sin embargo, para que el pararrayos funcione bien, conviene que la tierra en donde está enterrada la plancha metálica esté húmeda. La lluvia que se produce en toda tormenta se encarga de ello.



### NOTA:

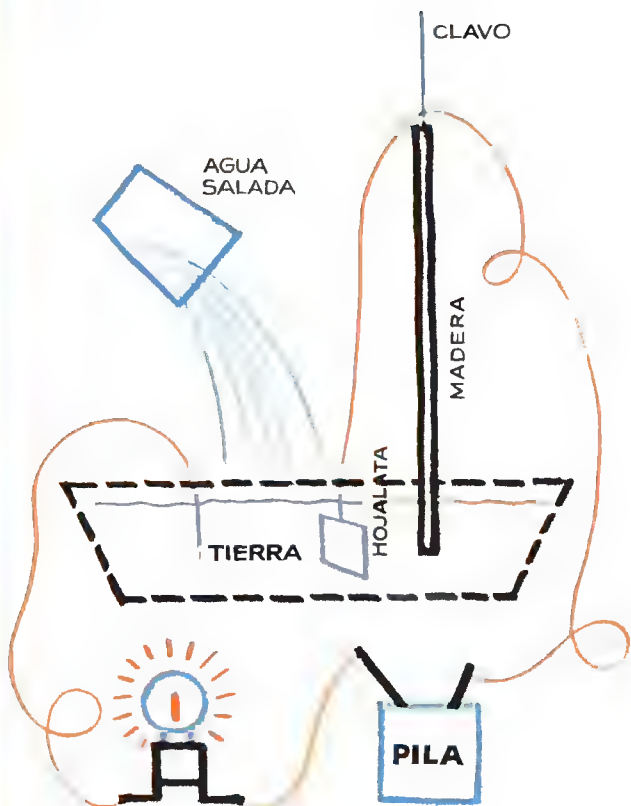
En realidad, lo que llamamos un pararrayos debería llamarse un «provocarrayos», puesto que su misión es la de provocar la descarga de una nube que de otra forma podría descargar sobre un punto no conveniente.

## LA PRUEBA DEL PARARRAYOS

Dicen que «el movimiento se demuestra andando» y que si no se hace funcionar algo, no puede saberse si funciona.

Conviene ensayar los pararrayos para estar seguros de que, en caso de tormenta, la descarga eléctrica circulará a través del cable hasta la tierra y no afectará al edificio que intentamos proteger.

Lo mejor para saber cómo funciona un pararrayos y la manera de probarlo, será construirnos uno. ¿Manos a la obra?



Tome un pequeño listón de madera y coloque encima de él un clavo de punta muy afilada. Una a la parte inferior del clavo un hilo de conducción eléctrica y fije el otro extremo de éste a una plancha de hojalata. Ahora tome un recipiente suficientemente grande y llénelo de tierra muy seca, introduciendo en ella el listón de madera y enterrando también la plancha de hojalata unida al cable conductor.

Tome otro cable; conéctelo al pie del clavo que hace de pararrayos y el otro extremo a una pila, tal y como se explica en el gráfico. Conecte también una bombilla dejando un cable colgado de uno de sus bornes. Introduzca este extremo del cable en la tierra seca y... no sucede nada. ¡Claro que no!, pero humedezca la tierra echando agua salada sobre ella y verá encenderse la bombilla.

Cuando esto sucede podemos afirmar que tenemos *buena tierra*. El pararrayos está comprobado y funciona perfectamente.



# instalaciones

# 1

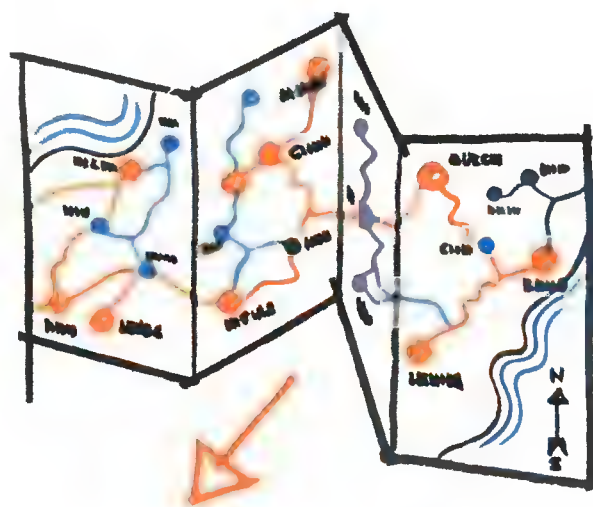
En nuestro capítulo de introducción hemos visto que la electricidad se produce en la central mediante el generador adecuado; y hemos visto también que la electricidad producida debía transportarse para su ulterior aprovechamiento. Debe trazarse un camino por el que circule la energía eléctrica. El montaje de este camino es lo que en términos generales consideramos una instalación. Pero ¡no basta un camino! Este camino debe controlarse de la misma manera que se controla una red ferroviaria o una red de carreteras, en las que la circulación viene condicionada por las necesidades del tránsito.

A modo de definición, podemos decir que:

EL TÉCNICO ELECTRICISTA ENTIENDE POR INSTALACIÓN EL ESTUDIO Y TENDIDO DE LAS CONDUCCIONES Y APARELLAJE QUE, CONVENIENTEMENTE ACOPLADOS, PERMITEN LLEVAR LA CORRIENTE ELÉCTRICA A LOS PUNTOS DE CONSUMO, INTERCALANDO LOS APARATOS DE MANIOBRA QUE PERMITEN EL CONTROL DE DICHO CONSUMO.

Usted, casi seguro, ha visto mapas de carreteras y se ha percatado de que en todo país las carreteras se clasifican en orden a su importancia. Las hay de carácter internacional, que enlazan la

capital de la nación y sus ciudades importantes con la red de los países fronterizos. Otras unen las ciudades de primer orden del país, con ramificaciones que llevan al viajero a otros centros urbanos de menor importancia; y aun encontramos una infinidad de caminos vecinales que nos permiten llegar a los más apartados rincones de una comarca.





Pues bien: también los electrones, en su loca carrera, necesitan sus carreteras internacionales que les permitan atravesar fronteras; sus carreteras de primer orden que los lleven de la central a las zonas de mayor consumo; sus carreteras de segundo orden que enlazan estos núcleos de consumo, y sus caminos vecinales que los llevan a los más recónditos rincones de la Tierra.

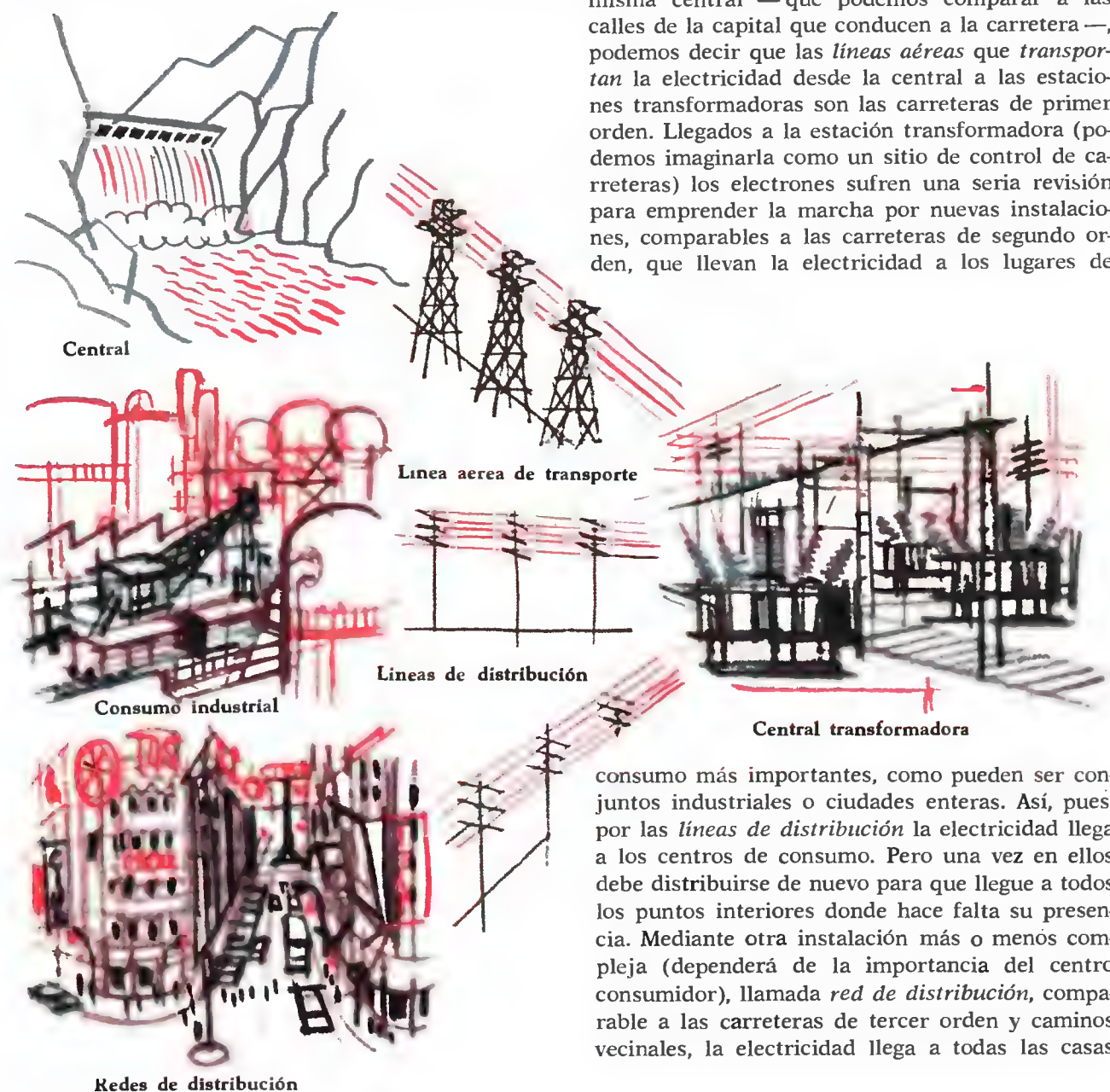
Podemos decir que nuestro mundo está rodeado por una tupida telaraña por cuya infinidad de hilos circula la electricidad. Y de esta enorme telaraña, semejando moscas aprisionadas en ella, penden millones de bombillas que producen luz, millones de motores que producen movimiento,

miles y miles de aparatos al servicio de la medicina, de la mecánica, de la electrónica, de la novísima ciencia cibernética...

Es el instalador, el técnico electricista, quien con mano hábil teje esta red de comunicaciones: las instalaciones eléctricas que ahora empezamos a estudiar.

A continuación tiene un esquema en el cual aparece sintetizado el amplio campo abarcado por las instalaciones eléctricas. Comprenderá por qué lo hemos comparado a una red nacional de carreteras.

Dejando aparte la instalación interior de la misma central — que podemos comparar a las calles de la capital que conducen a la carretera —, podemos decir que las *líneas aéreas* que *transportan* la electricidad desde la central a las estaciones transformadoras son las carreteras de primer orden. Llegados a la estación transformadora (podemos imaginarla como un sitio de control de carreteras) los electrones sufren una seria revisión para emprender la marcha por nuevas instalaciones, comparables a las carreteras de segundo orden, que llevan la electricidad a los lugares de



consumo más importantes, como pueden ser conjuntos industriales o ciudades enteras. Así, pues, por las *líneas de distribución* la electricidad llega a los centros de consumo. Pero una vez en ellos debe distribuirse de nuevo para que llegue a todos los puntos interiores donde hace falta su presencia. Mediante otra instalación más o menos compleja (dependerá de la importancia del centro consumidor), llamada *red de distribución*, comparable a las carreteras de tercer orden y caminos vecinales, la electricidad llega a todas las casas

de una ciudad y a cada una de las secciones de un complejo industrial.

En el esquema quedan por representar las instalaciones interiores, tanto industriales como domésticas. Como puede ver, el estudio que emprendemos es importantísimo y extenso, a la vez

## ESQUEMAS

El estudiante, muchas veces, tiene el defecto de la impaciencia que no le deja comprender de buenas a primeras la importancia de muchas cosas que parecen un rodeo innecesario que le aparta de aquello que constituye la meta anhelada. Así, al estudiante de dibujo se le hace difícil comprender la importancia de un croquis, de un apunte, de un estudio parcial que se le recomienda para llegar a la obra total. Convencido de su *genio*, pretende alcanzar la categoría de obra de arte aplicándose directamente a la composición que lleva en su cerebro. Al futuro técnico electricista puede sucederle algo parecido cuando se le dice que antes de proceder al montaje de una instalación debe dibujarse esa instalación. ¿Por qué y para qué debemos dibujar una instalación antes de proceder a su montaje? ¿Deberemos hacerlo siempre?... Vamos a responder estas preguntas empezando por la última.

Es indiscutible que la necesidad del dibujo previo dependerá de la importancia de la instalación; pero debe pensar que aquí no vamos a contentarnos con instalar una bombilla en el centro de una habitación. Para ello, naturalmente, no tendremos ninguna necesidad del dibujo. Pero imagine que lo que debemos hacer es la instalación completa del sistema de iluminación de un local público; un gran cine, por ejemplo. En este caso, no podemos dejar nada al azar y menos aún podremos trabajar sobre la marcha. Se trata de una instalación que importa una elevada cantidad de dinero y que lleva consigo una serie de complicaciones técnicas de cuya defectuosa solución puede depender la inminente posibilidad de incendio y múltiples averías por causas muy diversas. Por otra parte, el propietario del local quiere que, dentro de las garantías técnicas exigibles al instalador, se trabaje con el máximo de economía. El estudio del presupuesto es algo que no es posible hacer sobre el terreno y menos sobre la marcha. Debe hacerse *sobre el papel*, mediante una representación gráfica que interprete fielmente las características de la instalación a realizar.

Quedamos, pues, en que el dibujo previo es

que es apasionante y de inmediata aplicación. Sin prisas, con orden y sencillez, recorreremos los caminos citados, pero ¡no como simples turistas!, sino como activos constructores capaces de llevar la electricidad allí donde se nos pida llevarla, con las máximas garantías técnicas y económicas.

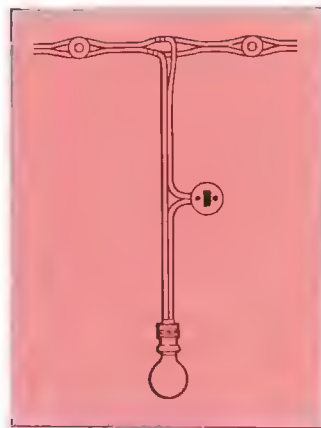
imprescindible para aquellas instalaciones que comportan un mínimo de complicación técnica o que requieren un estudio económico detallado.

Y son imprescindibles estas representaciones gráficas, porque sobre el papel es posible discutir y rectificar el proyecto de instalación, tendiendo a mejorar su rendimiento y su precio.

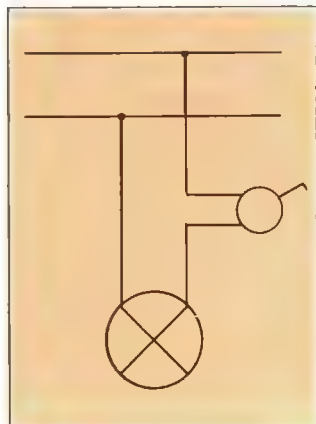
Pero aun hay otra cuestión: una instalación de importancia no es obra de un solo hombre, sino que requiere la intervención de un equipo, cuyos componentes deben entenderse y completarse en sus funciones específicas. Y los elementos que intervienen en una instalación se entienden gracias a los dibujos previos que indican con todo detalle el emplazamiento de los distintos materiales y sus características técnicas.

Y estos dibujos, ¿cómo son?...

Cuando de dibujar se trata, lo primero que se intenta es representar las cosas como son; cualquiera sin conocimientos técnicos a quien pidamos que nos dibuje la instalación de una bombilla con su correspondiente interruptor, es casi seguro que nos hará algo parecido a esto:



Instalar una bombilla es cosa de muy poca importancia y podemos permitirnos el lujo de sentirnos artistas. Pero si la instalación a montar comprende no una bombilla, sino diez, con un complicado juego de interruptores y conmutadores y muchos etcéteras que podríamos añadir, resulta que el tipo de representación (digamos artística) que hemos visto es para volver loco al más paciente dibujante. Por otra parte, el técnico no tiene por qué ser, además, un artista.



Observe ahora lo simple que resulta representar la instalación de nuestra bombilla e interruptor de esta manera tan esquemática. Para dibujar así, no hay ninguna necesidad de poseer cualidades de artista.

Usted dirá que sí, que realmente resulta mucho más sencillo, pero que esto no hay quien lo entienda. No hay para tanto. Lo que ocurre es que usted, para entender este dibujo, necesita saber lo siguiente:

Que esto	representa un interruptor
Que esto	representa una bombilla
Que esto	representa un conductor

## CLASIFICACION DE LOS ESQUEMAS

Para entender y estudiar mejor las instalaciones y su representación por medio de esquemas, vamos a dividirlos de acuerdo con el siguiente cuadro:

Esquemas	{	Esquema técnico	{	Esquema primario
			{	Esquema completo
	{	Esquema simplificado	{	Esquema unipolar
			{	Esquema bipolar
	{	Esquema descriptivo	{	Materiales
			{	Lista de materiales

¿Qué representa cada uno de estos esquemas?... Mejor dicho: ¿qué función específica tienen dentro del estudio global de una instalación?

Vamos a decírselo, pero no sin antes advertirle que los esquemas de ejemplo que añadimos están sólo a título ilustrativo, puesto que no podemos pretender que los entienda. No se preocupe, pues, si le resulta ininteligibles. Lo que importa es que desde ahora se acostumbre a ver esquemas. Su interpretación vendrá de una manera paulatina.

## ESQUEMAS TECNICOS - Esquema primario

ENTENDEMOS POR ESQUEMA PRIMARIO AQUEL QUE REPRESENTA UN FRAGMENTO DE INSTALACIÓN QUE PUEDE FORMAR PARTE DE UNA INSTALACIÓN TOTAL. Por

ejemplo: la instalación de un punto de luz (bombilla, pongamos por caso) y su correspondiente interruptor, es algo que encontraremos continua-

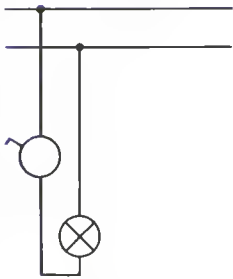


mente y con reiteración en el estudio de cualquier instalación general. En una instalación industrial es casi seguro que deberemos intercalar un motor, cuya instalación particular implica el estudio de

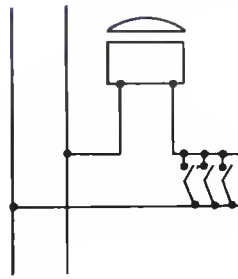
un esquema. Lo mismo podemos decir de un timbre, etc.

Vea el esquema primario correspondiente a los tres ejemplos citados:

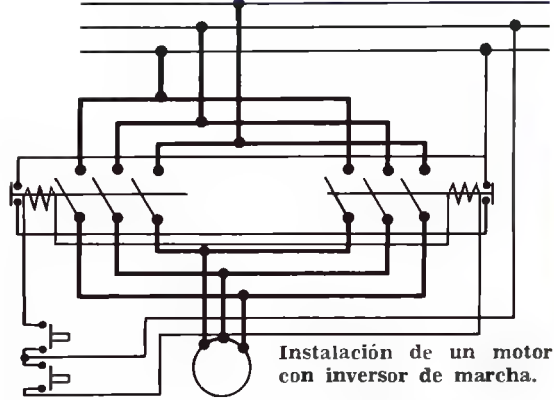
## ESQUEMAS PRIMARIOS



Instalación de un punto de luz con interruptor.



Instalación de un timbre con tres pulsadores.

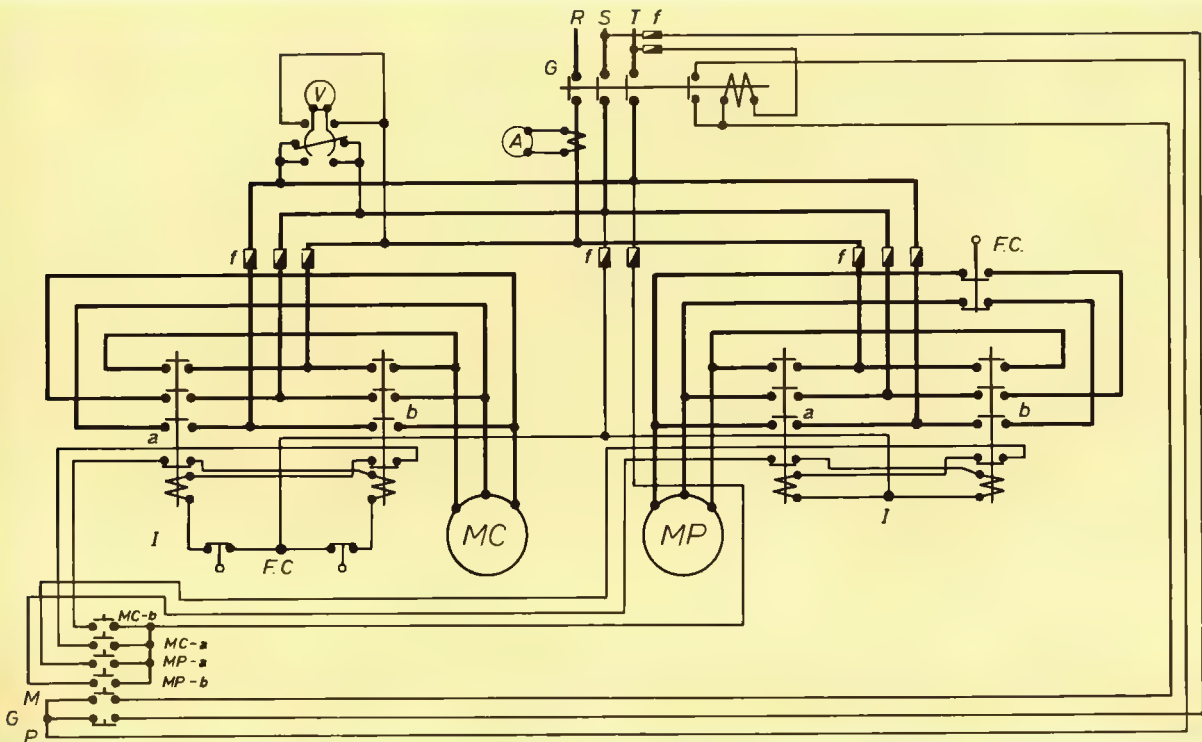


Instalación de un motor con inversor de marcha.

LLAMAMOS ESQUEMA COMPLETO AL QUE REPRESENTA LA TOTALIDAD DE UNA INSTALACIÓN. Así, la instalación total de un piso vendrá representada por la unión de varios esquemas parciales. En el caso concreto de un piso, comprendemos fácilmente que aparecerá repetidas veces el esquema prima-

rio que comprende el punto de luz y el interruptor. Si se trata del esquema de conjunto de una planta industrial, el esquema primario del motor eléctrico es muy posible que aparezca repetidas veces.

Vea, a título de ejemplo, un esquema completo:



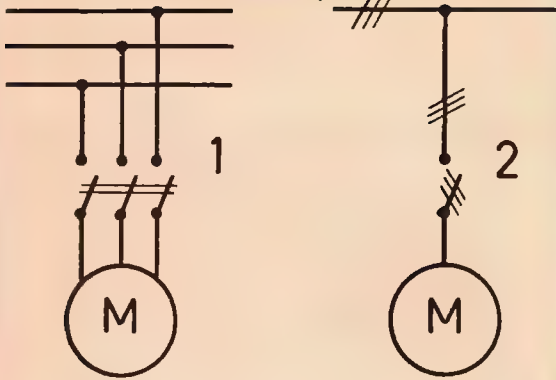
## ESQUEMAS SIMPLIFICADOS

### Esquema unipolar

Para plantear cuestiones técnicas, cuando se empieza el estudio de una instalación, se emplea un sistema de esquemas que no es otra cosa que una simplificación del esquema técnico que deberemos acometer una vez solucionadas las cuestiones en estudio.

EL ESQUEMA UNIPOLAR NO ES OTRA COSA QUE LA SIMPLIFICACIÓN DEL ESQUEMA TÉCNICO CORRESPONDIENTE A LA CUESTIÓN ESTUDIADA.

Vea un esquema unipolar y su correspondiente esquema técnico. Salta a la vista que se trata de una simplificación del segundo.



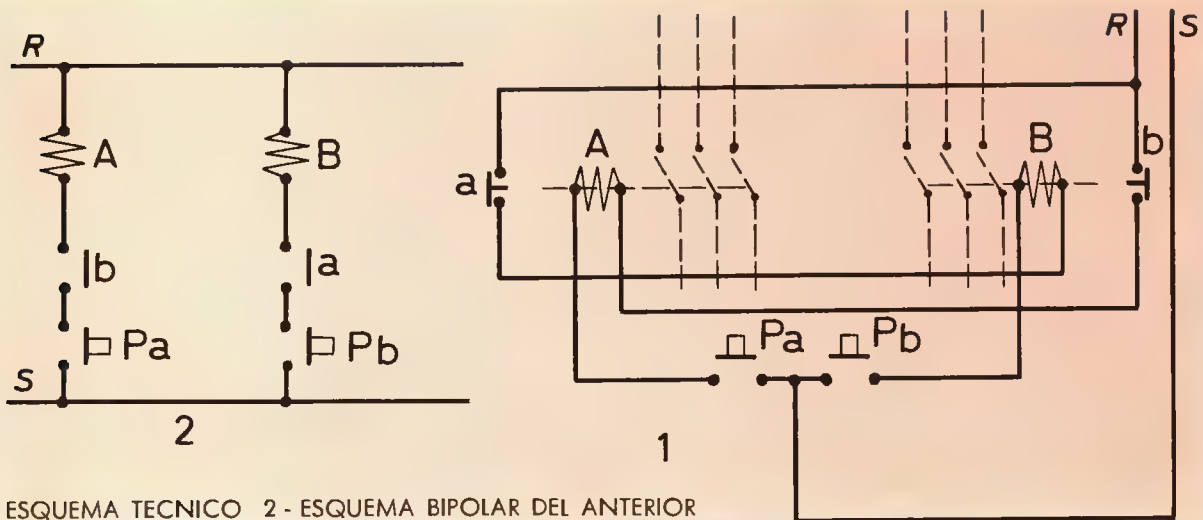
1-ESQUEMA TECNICO

2-ESQUEMA UNIPOLAR DEL ANTERIOR

### Esquema bipolar

Se trata también de una simplificación del esquema técnico ideada para resumir el proceso de maniobra y automatismo de un accionamiento eléctrico. El desarrollo de un esquema bipolar lleva también al esquema técnico. Es decir: el primer tanteo para la instalación de un sistema

de maniobra se hace por un esquema bipolar que posteriormente, una vez concretadas todas sus características, se transforma en el esquema técnico correspondiente. Como en el caso anterior adjuntamos un ejemplo de esquema bipolar y su correspondiente esquema técnico.



1 - ESQUEMA TECNICO 2 - ESQUEMA BIPOLAR DEL ANTERIOR

### Esquema descriptivo

Una vez solucionado el esquema técnico y antes de emprender la construcción de la instalación proyectada, suele efectuarse lo que se llama el esquema descriptivo, cuyo valor es puramente

constructivo. En él se especifica el material auxiliar de la instalación, su situación relativa y denominación comercial. Su objeto es dar al encargado de llevar a cabo la instalación todos los detalles



constructivos que puedan hacerle falta. Por ejemplo: detallarle que aquel enchufe que figura en el esquema técnico es un enchufe cuyas características son tales y cuales; que aquella caja de empalmes es de un tipo y no de otro, etc., etc.

En el ejemplo que sigue puede ver la diferencia que va de un esquema técnico a un esquema descriptivo. Advierta que en el descriptivo se ha añadido una tabla en la que se repiten los números que aparecen en el esquema propiamente dicho. En otras casillas se especifica qué son los materiales señalados por cada número y en otras cuáles son sus características técnicas.

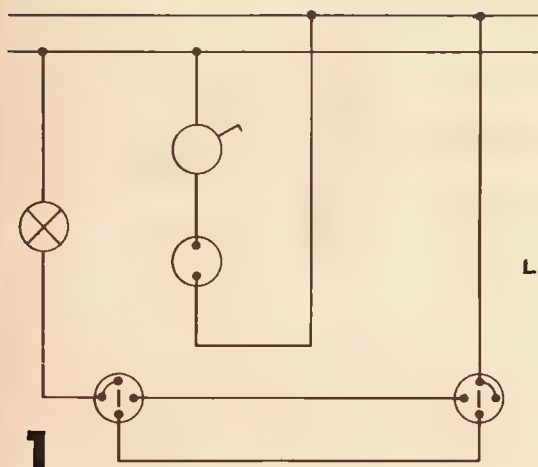
En fin, amigo: ésta es una visión de conjunto que poco a poco iremos detallando, y que si ahora ha sido una visión un tanto borrosa nos servirá de punto de partida para las aclaraciones que en-

contrará en lecciones sucesivas. El panorama es muy sugestivo y le aseguro que esta sugestión, este interés, lejos de disminuir aumentará a medida que todas estas cuestiones se nos hagan inteligibles.

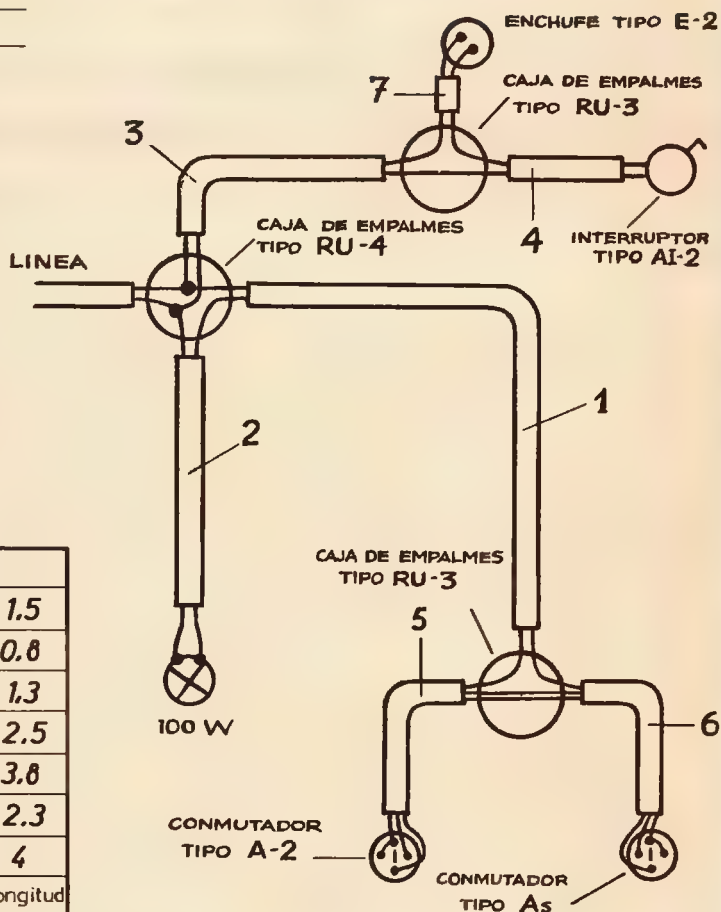
Hemos hablado de esquemas porque representan el primer paso para conseguir una instalación perfecta. La meta final no es el esquema sino lo que de él se desprende: la instalación.

## CLASIFICACION DE LAS INSTALACIONES

Por lo poco que hemos hablado sobre el tema ya se vislumbra un campo de acción muy amplio, puesto que según cuál sea la finalidad de la in-



Nº	TUBO	Nº Conductores	CABLE	Sección en 2 mm	Longitud en m.
7	Ø16	2	IKB	1	1.5
6	Ø16	3	IKB	1	0.8
5	Ø16	3	IKB	1	1.3
4	Ø16	2	IKB	1	2.5
3	Ø16	2	IKB	1	3.8
2	Ø16	2	IKB	1	2.3
1	Ø16	2	IKB	1	4



1 - ESQUEMA TECNICO 2 - ESQUEMA DESCRIPTIVO DEL ANTERIOR

talación sus características técnicas serán muy distintas. No es lo mismo instalar el sistema de alumbrado de una calle, que la iluminación de los escaparates de unos grandes almacenes; como tampoco es lo mismo instalar la maquinaria de

una industria que el frigorífico de un hotel. Cada caso presenta problemas propios.

La misma complejidad de casos nos lleva a una clasificación de las instalaciones. Nosotros las dividiremos de este modo:

- I. — Instalaciones domésticas.
- II. — Instalaciones industriales.
- III. — Instalaciones de producción y transporte (centrales y líneas aéreas).
- IV. — Instalaciones particulares (maniobra y mando).
- V. — Instalaciones especiales (automóviles, baterías para acumuladores, etc.).

Como se ve, el camino es largo, pero su mismo interés hará que nos parezca corto ¡y fácil! Uno por uno iremos estudiando los cinco grupos de instalaciones que acabamos de mencionar.



## **Algunas experiencias electrostáticas**

### **Montaje de un comprobador de lámpara**

Este es, sin ningún género de dudas, el capítulo de la ilusión; el que primero buscará en cada lección para saber qué es lo que van a construir sus manos, obedientes al impulso de su inteligencia. Sé lo que ocurre, porque también he sido estudiante y también me han entusiasmado las prácticas de taller, los montajes de aparatos, las experiencias de toda índole que he vivido entre mi instrumental de taller y laboratorio. Conozco la inefable embriaguez del éxito conseguido, y sé del desengaño del fracaso, casi siempre más aparente que real, cuando aquello que con tanto amor habían montado mis manos se encaprichaba en no funcionar. ¡Cuántos dolores de cabeza para descubrir dónde estaba el fallo! Pero ¡qué satisfacción cuando el fallo (casi siempre algo insignificante) ha aparecido ante mí!

Sí, amigo; como dice el refrán, he sido monaguillo antes que fraile y puedo ponerme en su lugar sin ningún esfuerzo. ¿Qué haré?... ¿Sabré hacerlo?... Estas son sus preguntas.

Sabrá hacerlo, no le quepa duda. No hablo ahora de estas primeras prácticas ni de este primer montaje que voy a proponerle, sino que hablo en general, para todas las lecciones que siguen. Haremos los dos al mismo tiempo los experimentos y montajes. Usted verá cómo lo hago yo, me seguirá paso a paso hasta completar la práctica; y si no se limita a leer, sino que va ejecutando a medida que lee, siguiendo exactamente el orden que le marcaré, aseguro que será prácticamente imposible el fracaso. La electricidad, me parece que ya se ha dicho, es algo aficionada a las sorpresas; pero incluso este factor en contra intentaremos eliminar, yo poniendo mi experiencia y usted su inteligencia y atención.

## ALGUNAS EXPERIENCIAS ELECTROSTATICAS

El capítulo de electrotecnia de esta lección incluye la electrostática: me parece lógico empezar por proponerle algunos experimentos que le demuestren la autenticidad de la electricidad estática.

Usted ya sabe que una de las maneras de producir electricidad es el frotamiento. Es, precisamente, la fuente de electricidad que primero fue

conocida por el hombre; y aunque en nuestros días estos experimentos no nos parecen más que un modo de entretenernos, deben infundirnos el respeto de las grandes cosas. Piense que las pequeñas experiencias que vamos a revivir son la base sobre que se ha levantado el monumento científico que representa el desarrollo actual de la electricidad.

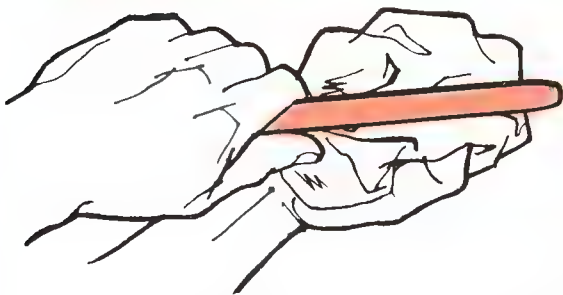


### EXPERIMENTOS

#### CON UNA BARRA DE LACRE

El lacre es una sustancia muy conocida, sobre todo en forma de barra. Está formada por resinas vegetales (principalmente por goma arábica) que funden fácilmente al calentarse. Esta sustancia se electriza con mucha facilidad si la frotamos con un paño de LANA. Insisto en que el paño debe ser de lana, porque si frota con otra fibra no conseguirá que el lacre se cargue lo necesario.

Cuando frotamos la barra de lacre con el paño de lana, los electrones del paño pasan a la barra, con lo cual nos queda cargada con signo negativo. Ocurre eso:



1.— Frotamos la barra con un paño de lana, con lo cual se produce una mutación de cargas eléctricas entre el paño y el lacre.

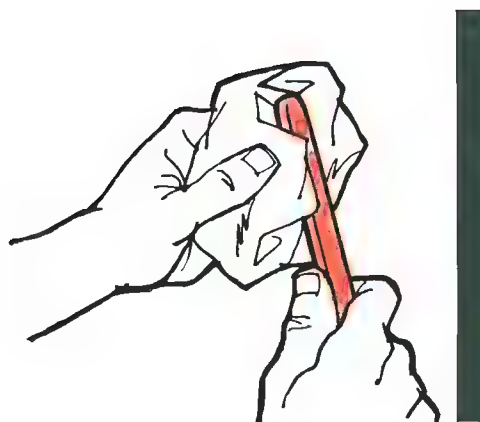


2.— Las cargas eléctricas se reparten como indica el gráfico: el paño queda con carga positiva por cuanto cede electrones a la barra del lacre.

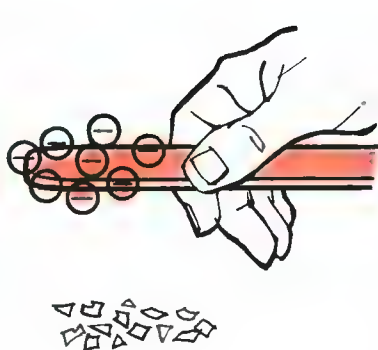
Si acercamos la barra con carga negativa a algunos objetos sin carga (neutros), los electrones contenidos en exceso por la barra tenderán a neutralizarse con las cargas positivas de los objetos neutros; como los protones (+) no pueden des-

plazarse —recuerde que sólo se desplazan los electrones (—)—, el resultado será una atracción de los elementos neutros hacia la barra. Puede comprobarlo realizando la experiencia que le proponemos a continuación:

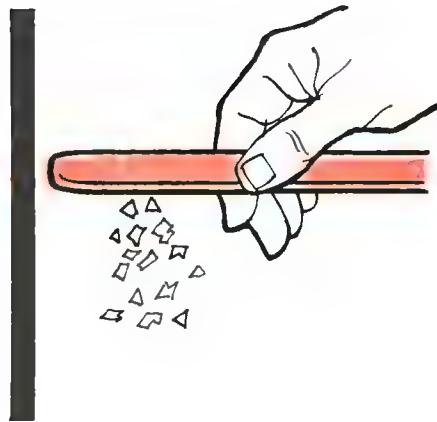




1.—Frote con fuerza, moviendo el lacre en el sentido de su longitud.



2.—Acerque la barra cargada a unos pedacitos de papel o de corcho.



3.—Las sustancias neutras salen disparadas hacia la barra.

¿Convencido?... Pues vamos a por otra experiencia, que podríamos titular la del CORCHO SALTARIN.

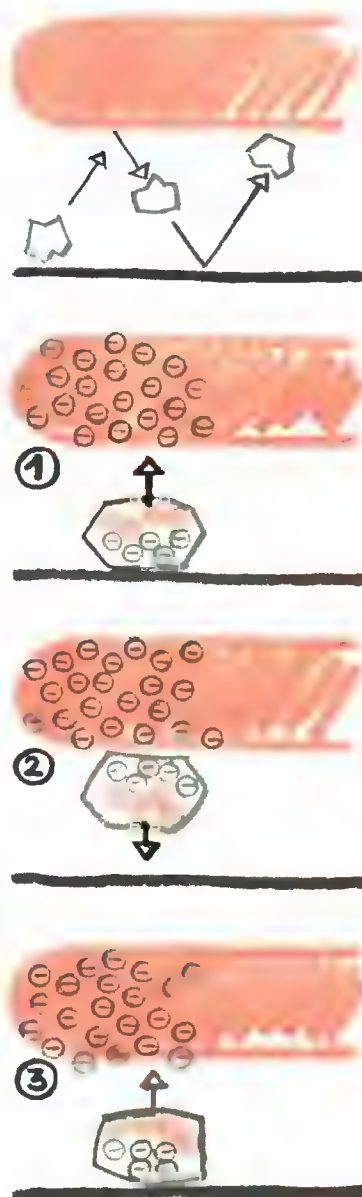
Tome un tapón de corcho y con la ayuda de una hoja de afeitar corte un fragmento muy pequeño, como de unos  $2 \times 2$  mm. Deje esta menudencia encima de una mesa. Electrice la barra de lacre durante unos 10 ó 15 segundos y acérquela despacito al fragmento de corcho. Verá lo que ocurre:

El corcho empieza a moverse, y cuando la barra está suficientemente cerca sale disparado hacia ella; pero en cuanto la toca sale despedido para, una vez en el plano de la mesa, volver a subir en dirección a la barra, para empezar de nuevo su frenético saltar. Es divertido verlo, pero resulta más interesante descubrir el porqué del proceder de este pedacito de corcho.

Lo que ocurre es lo siguiente:

- 1.—Las cargas negativas del corcho, al sentirse repelidas por los electrones (—) del lacre, se amontonan en la parte más lejana de la barra, quedando la punta más cerca a la barra con defecto de electrones o sea, con carga positiva. Por esta razón el corcho se dirige hacia las cargas de distinto signo. Recuerde que *cargas diferentes se atraen*.
- 2.—El corcho llega hasta la barra, pero en este preciso instante ocurre un fenómeno completamente opuesto al anterior: algunos electrones de la barra pasan al corcho, con lo cual la parte del mismo que ha estado en contacto con la barra queda con carga negativa que se repele con la del mismo signo de la barra: *cargas de igual signo se repelen*.
- 3.—El corcho vuelve a estar sobre la mesa; pero la carga negativa de la barra es aun superior a la del corcho, con lo cual sus cargas negativas volverán a desplazarse hacia abajo. El fenómeno se repite y durará hasta que la barra se haya descargado o hasta que el corcho haya adquirido tantas cargas negativas o más que la barra, en cuyo caso, dos cuerpos con carga negativa en vez de atraerse se repelerán.

Son muchas las experiencias que pueden realizarse con una simple barra de lacre cargada por frotamiento; pero, considerando que actualmente no pasan de ser curiosidades, es suficiente con las dos mencionadas.



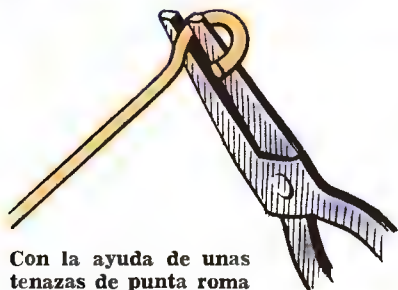




## UN ELECTROSCOPIO DE FABRICACION CASERA

Un electroscopio es un aparato que permite descubrir la carga de un cuerpo. Se fundamenta en la ley de atracción y repulsión de cargas que hemos estudiado. Consiste en una cámara cerrada de material transparente (vidrio generalmente), en cuyo interior hay una varilla de hierro (H) que en su extremo inferior lleva dos pequeñísimas láminas de oro o de estaño (L). La varilla de hierro llega al exterior atravesando un tapón de parafina (P), que es una sustancia completamente dieléctrica, palabra que significa *no conductora*.

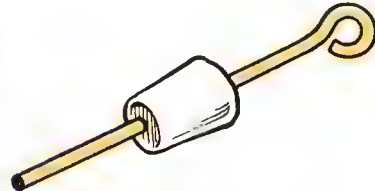
Intentemos construir uno con materiales de fácil adquisición. ¡Es muy fácil!



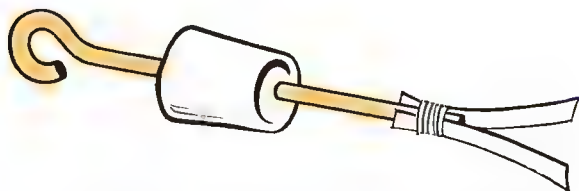
Con la ayuda de unas tenazas de punta roma trabaje la varilla rematándola con una anilla.



Caliente el extremo de la varilla.



Le será muy fácil atravesar el tapón de parafina.



Añada las dos hojitas de papel de estaño, convenientemente atadas a la varilla con un hilo de seda.

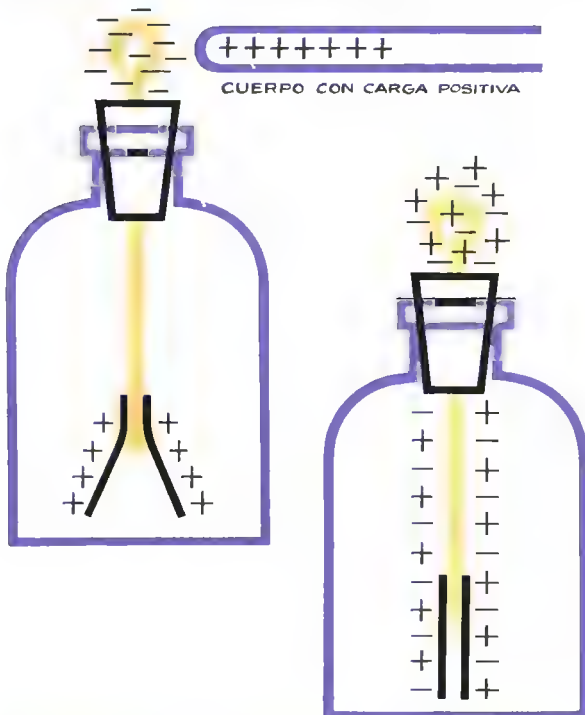
Agénciese una botella pequeña y, con un trozo de bujía de cera ablandado por calor, modele un tapón que ajuste a la boca de la botella.

Corte 10 cm de alambre de hierro dulce cuyo diámetro sea de dos a tres milímetros. Atraviese el tapón de cera con este alambre, en el sentido de su eje. Lo conseguirá fácilmente si tiene la precaución de calentar el alambre. Haga que la parte de alambre que debe quedar dentro de la botella alcance aproximadamente la mitad de su profundidad total.

Prepare ahora dos hojas de papel de estaño que puede encontrar en cualquier pastilla de cho-

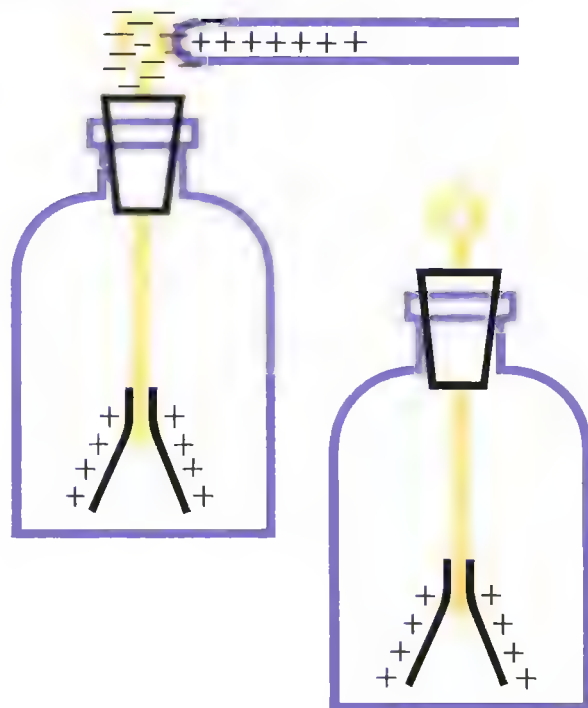


colate. La única precaución que debe tener consiste en escoger el papel de estaño lo más delgado posible. Con un borde romo alíselo lo mejor que pueda. Estas hojas deben tener unos tres centímetros de largo, por medio de ancho. Con una hoja de afeitar, una regla y un poco de paciencia, conseguirá dos hojitas perfectas.



Sujete estas dos hojas al extremo inferior de la varilla de metal mediante un hilo DE SEDA. No lo haga con otra clase de hilo; interesa de seda porque no es conductor.

Bien; ahora que lo tenemos todo montado, sólo nos resta ajustar el tapón a la botella y ¡asunto concluido!



Supongamos un electroscopio descargado. Las dos láminas de metal estarán en posición vertical. Si acercamos a este electroscopio un objeto positivamente cargado, pero sin que llegue a tocar en él, los electrones de las dos láminas metálicas se desplazarán a través de la barrita de hierro hasta concentrarse en su parte superior, atraídos como están por las cargas positivas del cuerpo que experimentamos.

Si retiramos el objeto, los electrones volverán a su sitio de origen junto a los protones de las láminas, con lo cual volverán a neutralizarse adoptando la vertical.

Si repetimos la misma operación, pero haciendo que el objeto positivamente cargado llegue a tocar el extremo de la varilla, los electrones escapados de las láminas del electroscopio pasarán al cuerpo que experimentamos, con lo cual la carga positiva que adquieren quedará permanente.

Ahora bien: el mismo fenómeno se produce cuando el cuerpo experimentado tiene carga nega-

tiva; y siendo así, ¿cómo sabemos cuando la carga es de un signo o es de otro?...

La solución es muy fácil:

Sabemos que una barra de lacre adquiere siempre carga negativa al frotarse contra un paño de lana. Por lo tanto: si a un electroscopio cargado le aplicamos una barra de lacre electrizada (carga que será negativa) y las dos láminas se juntan, tendremos la evidencia de que estaban positivamente cargadas. Reflexione: si la carga del lacre es negativa y las láminas del electroscopio cargado se han juntado, es que los electrones escapados del lacre se han neutralizado, cosa que sólo puede suceder si la carga de las dos láminas era positiva.

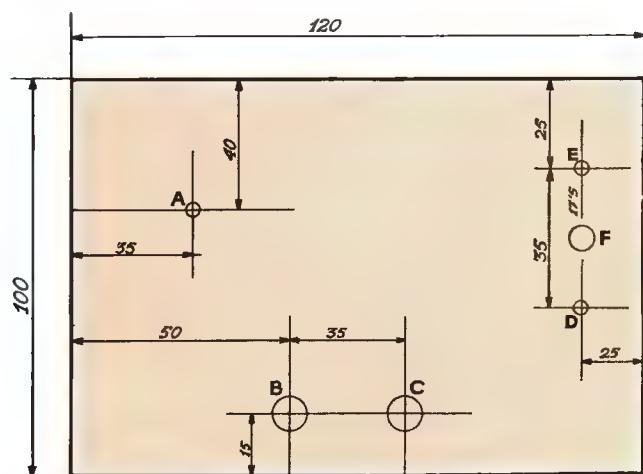
Por contra: si al aplicar la barra de lacre las dos láminas muestran tendencia a separarse más, es señal de que era negativa, puesto que un mayor flujo de electrones provenientes del lacre ha provocado una mayor separación, una repulsión mayor entre las dos hojas de igual signo, que no puede ser otro que el negativo.

## NUESTRO PRIMER MONTAJE

### COMPROBADOR DE CIRCUITOS

Esta será su primera práctica de taller, su primer montaje. Como es natural, consistirá en una cosa sencilla y sin posibilidad de error. Se trata de construir un comprobador de los llamados de lámpara, cuya utilidad es la de comprobar circuitos.

Bueno; ya sé que no hemos estudiado lo que es un circuito, y si no lo sabe, menos podrá saber qué quiere decir comprobarlo; pero estará de acuerdo conmigo en una cosa: que para aprender a montar en bicicleta, necesita disponer de una bicicleta. Quiero decir que si no dispone de un comprobador de circuitos, no los podrá comprobar cuando llegue la hora de hacerlo. Por eso nos adelantamos a los acontecimientos y vamos a construir este aparato para que, en cuanto estudiemos lo que se entiende por circuito eléctrico, estemos en disposición de comprobarlo.



Las circunferencias A, B, C, D, E y F representan los taladros.



Cuando se habla de un hilo de conexión, se entiende que se trata de un conductor de un solo cabo. Está formado por una envolvente aislante, casi siempre de material plástico, en cuyo interior se encuentra el hilo metálico, cuyo diámetro puede ser más o menos grande. Cuando estudiemos los conductores y sus características, hablaremos de estas cuestiones. De momento me limito a de-



Vea usted el material que necesita, pues vamos a relatar el proceso de su montaje. Lea con atención las instrucciones que siguen y obtendrá el éxito deseado en el mismo.

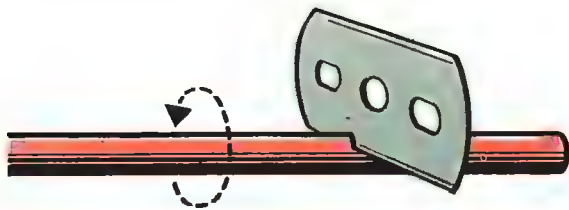
Debe cortar un tablero de madera, cuyas dimensiones sean aproximadamente de  $12 \times 10 \times 1$  centímetros. A este tablero irán sujetas todas las piezas que componen el comprobador, y para ello necesitamos practicarle los taladros cuya situación y dimensiones quedan especificadas en este gráfico marginal.



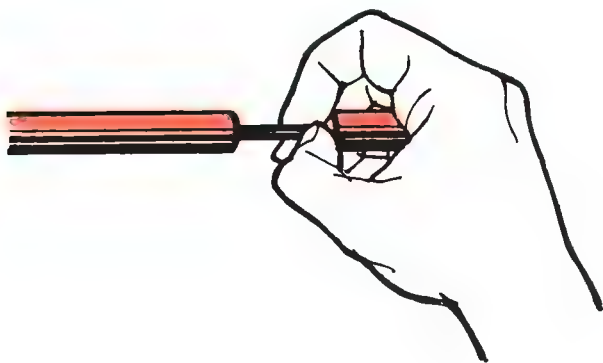
cirle algo para que ante esta primera práctica de montaje sepa un poco por dónde navega.

Un cable de conexión está formado no por un solo hilo, sino por varios. Están entrelazados formando un conjunto tipo cable. También el diámetro total, así como el de cada uno de los hilos de que está formado, varía según las circunstancias técnicas que deban concurrir en el conductor.

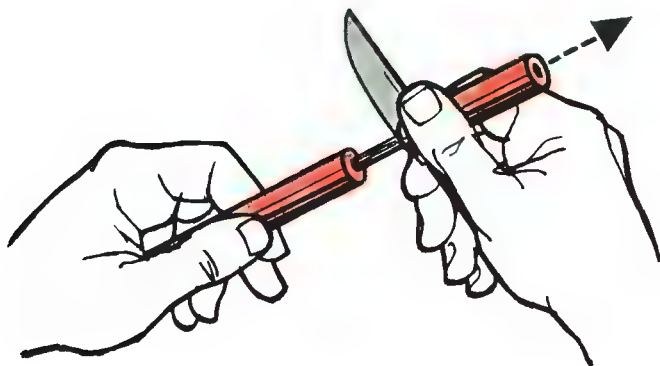
## PREPARACION DE HILOS Y CABLES



Para desnudar el extremo a conectar se secciona la envolvente aislante y luego...



...se tira de la parte de envolvente que deba quitarse. Para ello las uñas resultan un magnífico instrumento.

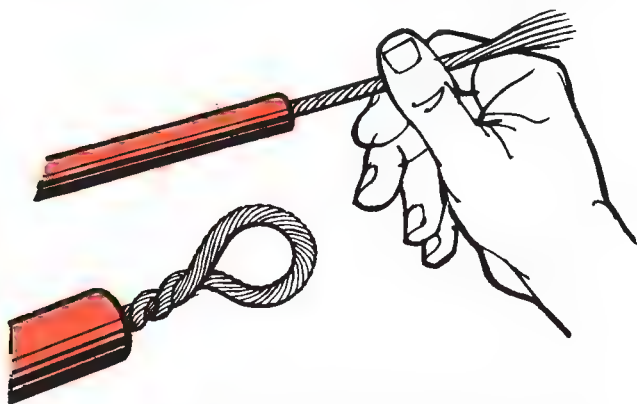


La forma más corriente de desnudar un hilo o cable es la que se demuestra en este gráfico. Se secciona y se tira con el concurso de un instrumento cortante.

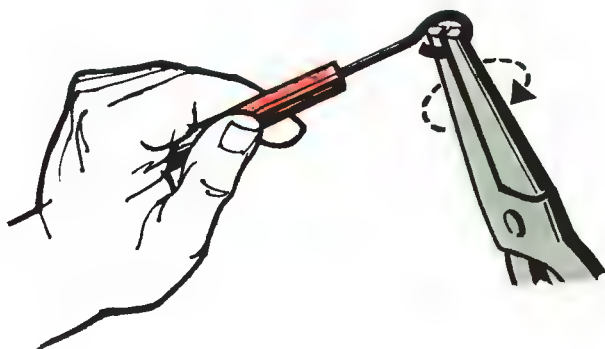
En el caso concreto que nos ocupa, las uniones de los conductores con las distintas piezas deben hacerse a base de ganchos o anillos, como dicen los profesionales del ramo. Para ello debe desnudarse el extremo del conductor que deba empalmarse. Con una hoja de afeitar se secciona la envolvente aislante hasta alcanzar el hilo o cable (¡cuidado en no cortarlo!), y con las uñas o con unos alicates apropiados se tira de este fragmento de envolvente hasta separarla del conductor.

Si se trata de preparar un cable, después de desnudar el extremo a empalmar debe tenerse la precaución de enrollar todos sus hilos con los dedos, para que no queden sueltos, sino formando un verdadero cable.

La parte *pelada* se convierte en un gancho o anillo cuyo diámetro esté de acuerdo con el de la pieza a que debe empalmarse. ¡Un poco de vista! Esta operación se hace con mucha facilidad cuando se dispone de unos alicates de punta redonda.

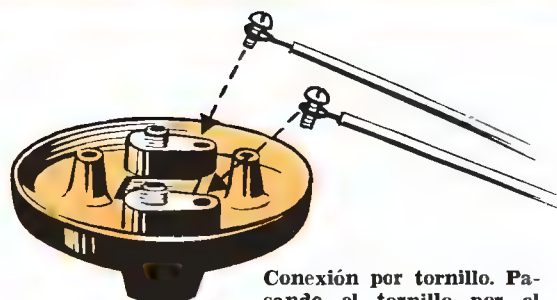
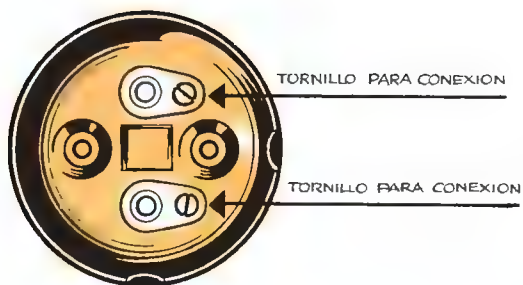


Para formar un anillo de conexión a partir de un cable debe empezarse por enrollarlo retorciéndolo con los dedos.



Consiguiendo un anillo con la ayuda de los alicates de punta redonda. La flecha indica la dirección del movimiento de los alicates.





**Conexión por tornillo.** Pasando el tornillo por el anillo del conductor, lo roscamos al borne correspondiente.



Una vez efectuadas las conexiones al enchufe, se pasan los hilos por el taladro.

Y con eso por delante, ya podemos decir cuáles son las conexiones que debemos hacer en nuestro comprobador de circuitos.

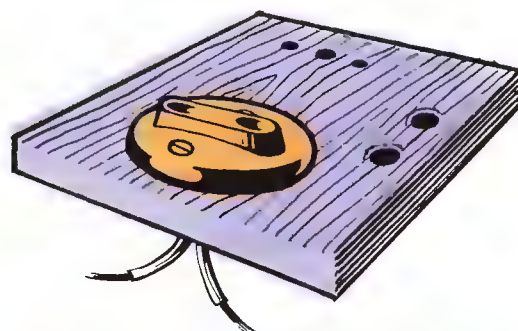
Tome primero el enchufe. Los hay de muchos tipos, pero en todos ellos aparecen los dos bornes en los que hacer las conexiones. En el enchufe que hemos tomado para nuestro ejemplo, estos dos bornes llevan sendos tornillos en los que fijamos un extremo de cada conductor.

Debe cortar un hilo como de unos 7 cm, pelar un extremo (cosa de 1'5 cm), hacer el anillo y pasando por él el tornillo del enchufe atornillarlo de nuevo. Haga lo mismo con otro trozo de hilo de unos 9 cm que empalmará en el otro tornillo del enchufe.

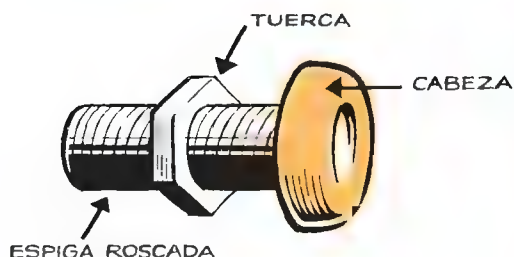
Ahora pase estos dos hilos ya empalmados al enchufe por el agujero A del tablero. Ya puede fijar el enchufe sobre la madera.

Coloquemos una hembrilla. La conexión debe efectuarse de forma que quede aprisionada entre la madera (por la parte inferior) y la tuerca que sujeta la hembrilla.

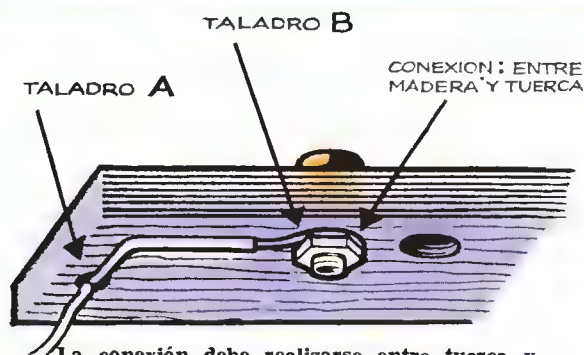
Por tanto, deberá desnudar el extremo del hilo más corto de los que ha empalmado al enchufe y hacerle el anillo oportuno para que encaje con la espiga de la hembrilla.



Puede fijarse el enchufe sobre el tablero. Bastan dos tornillos para madera.

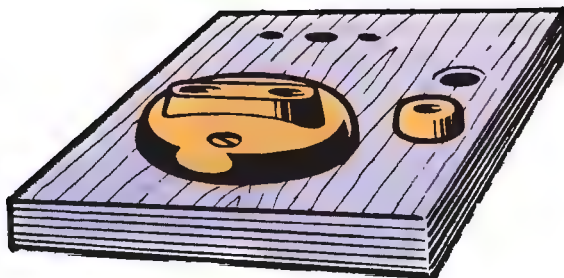


Esta es una hembrilla dibujada a mayor tamaño del real. El anillo del hilo debe ajustarse a la espiga.



La conexión debe realizarse entre tuerca y madera o entre tuerca y tuerca si la hembrilla lleva un doble juego de ellas.

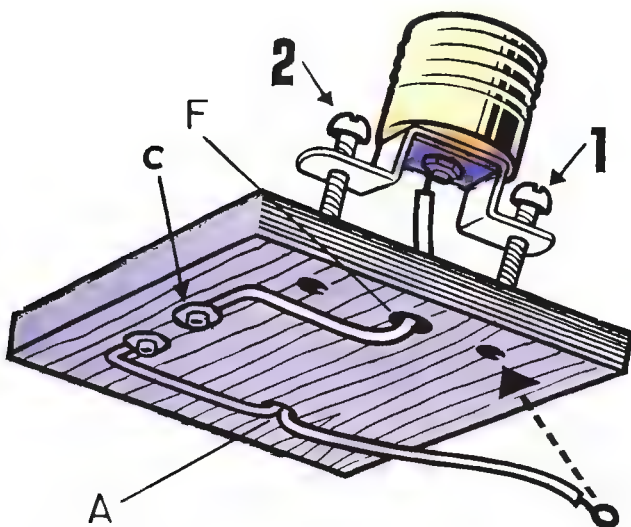




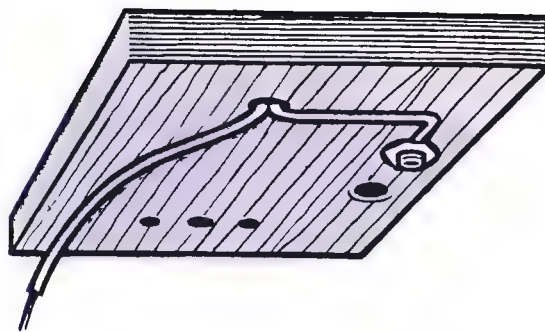
Primera fase de este montaje, visto por encima.

Corte ahora otro pedazo de hilo de conexión de unos 10 cm de largo. Deberá empalmar primero este hilo al borne central del portalámparas. Vea a la derecha el portalámparas con la indicación del empalme a realizar. Observe cómo el anillo practicado en el hilo debe quedar entre la tuerca y el cartón aislante. No se le ocurra situar el empalme entre el cartón y el puente del portalámparas porque habría un chispazo tremendo.

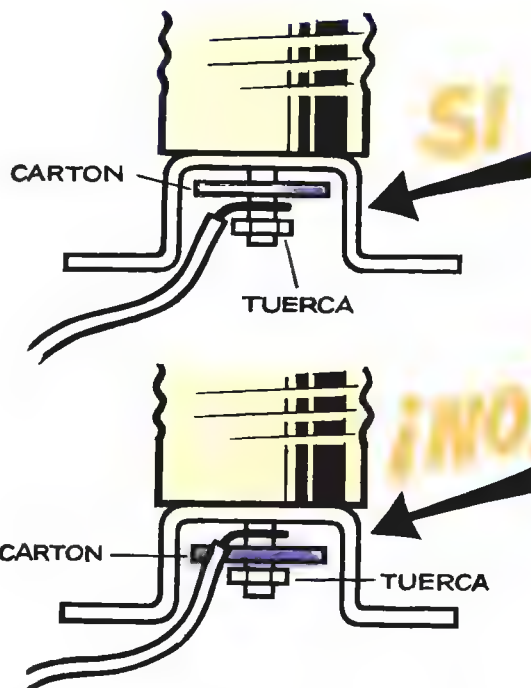
Este hilo, una vez empalmado, debe pasar a través del agujero F practicado en la madera, dirigiéndose al taladro C, donde colocaremos la segunda hembrilla. Por lo tanto, puede proceder a este nuevo empalme: el del hilo que sale del borne central del portalámparas con la hembrilla situada en el taladro C. Tendremos una nueva fase del montaje, que es la penúltima conexión.



Segunda fase: vista por debajo

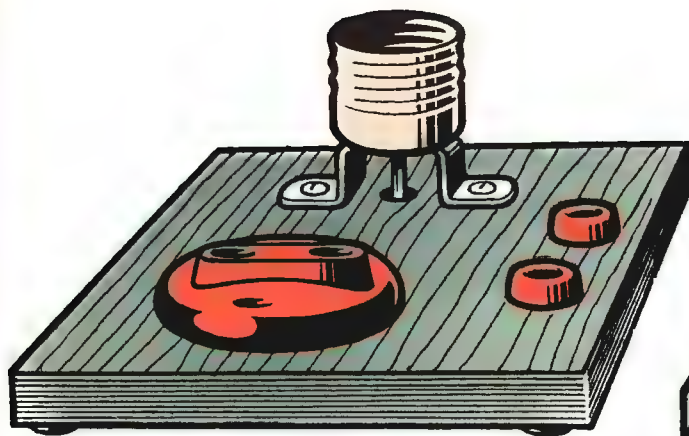


Primera fase: visto por la parte inferior.

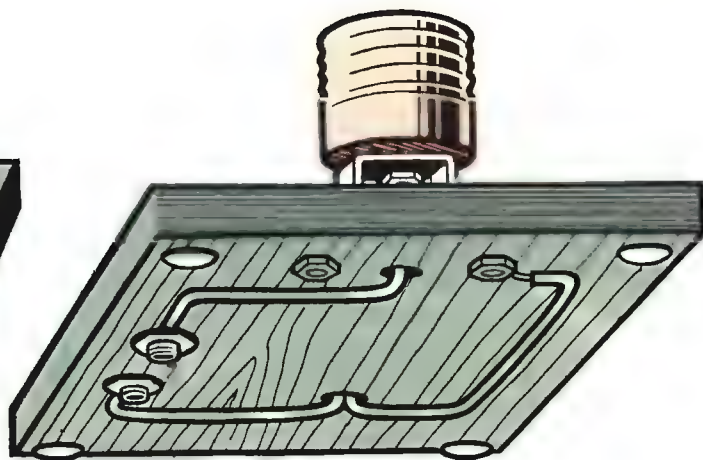


MUCHA ATENCIÓN A ESTE GRAFICO. PROCEDA COMO INDICA LA FLECHA "SI".

Nos queda un cabo del hilo que sale por el agujero A que aun no hemos empalmado: deberemos hacerlo en uno de los dos tornillos que sujetan las patas del portalámparas. Naturalmente, es mejor hacerlo en el tornillo 1 para evitar que los hilos se crucen. Estos tornillos deben ir roscados a su correspondiente tuerca y la conexión la situaremos entre tuerca y madera. Esta es la última conexión, con la cual tendremos nuestro comprobador prácticamente terminado. Véalo usted en la página siguiente.



Vea el aparato terminado. Todas las conexiones quedan invisibles en la cara superior. En la posterior se aprecian las conexiones a las hembrillas y al tornillo del portalámparas.



Observe cómo se han añadido cuatro taquillos de goma para evitar que las zonas no aisladas del aparato puedan tocar la superficie de apoyo.

## CONDUCCIONES AUXILIARES

Ahora deberemos montar las conducciones auxiliares, consistentes en un cable bipolar (de dos conductores) rematado por dos clavijas de enchufe y dos cables unipolares (de un solo conductor) rematados por dos bananas distintas.

Las conexiones del cable bipolar con las dos clavijas de enchufe deberemos hacerlas una en cada borne. Primero serraremos los dos cabos del cable cuestión de unos cinco centímetros. Si se trata de cable con cubierta plástica basta separar con los dedos las dos envolturas con la intención de rajar el cable por la mitad.

Desnudaremos parte de estos extremos que hemos separado y prepararemos los correspondientes anillos, que calcularemos a ojo de acuerdo con el diámetro de los bornes de la clavija. Estas conexiones deben quedar como se indica a la derecha: primero en forma de despiece con todas las piezas *en situación*; luego, a mayor tamaño, en la última fase de su montaje.

Repetiremos la operación para situar la otra clavija al extremo libre del cable bipolar, con lo que habremos terminado con este suplemento del comprobador.

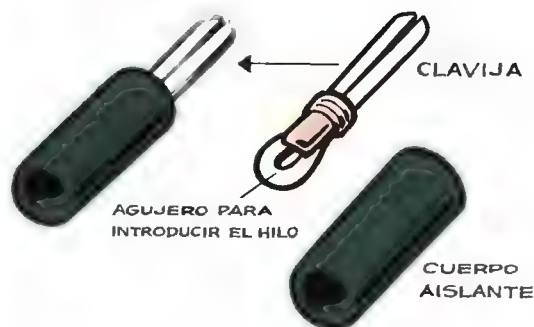


Para preparar el cable unipolar con las dos bananas, procederemos de la manera siguiente:

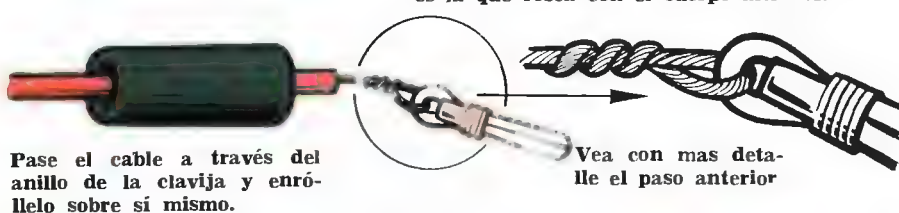
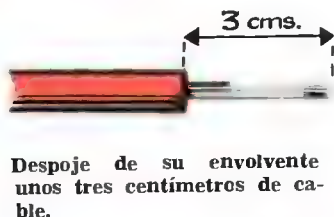
Desnudaremos unos tres centímetros de cable, que introduciremos por el anillo que lleva el extremo superior del borne de la banana.

Hecho esto, podemos roscar de nuevo este borne al cuerpo aislante.

Repetiremos la operación hasta haber situado una banana en cada extremo de los dos cables unipolares.



Vea el despiece de un modelo muy corriente de banana. La pieza superpuesta a la clavija es la que rosca con el cuerpo aislante.



Vea los cables preparados. En un extremo llevan una banana normal. En el otro, una banana más larga llamada punta de pruebas. Se construyen de mayor longitud para facilitar su manejo.

Ya lo tenemos todo dispuesto para probar el aparato que acabamos de construir. Para ello, haga lo siguiente:

Enchufe esta clavija de las dos que lleva el cable bipolar al enchufe del aparato. Ponga una banana de cada cable unipolar en una de las hemibrillas del aparato.

Enchufe la otra clavija a la corriente de su casa y tomando con los dedos una banana en cada mano, ponga en contacto sus bornes metálicos. ¡Cuidado con no tocar estos bornes con los dedos! Pegaría un salto del que se acordaría toda su vida. Si al poner en contacto los bornes de las bananas se enciende la bombilla que habrá roscado al portalámparas del comprobador, ¡éxito! Y este éxito es seguro si sigue al pie de la letra el proceso de montaje que le he narrado.

Aquí termina su primer montaje, pero no quiere que vuelva la última página de esta lección sin una advertencia de tipo preventivo:

Usted ya sabe que la electricidad puede ser peligrosa cuando se maneja sin las debidas precau-

ciones. En principio, estas precauciones deben limitarse a un cuidado excesivo en las conexiones, haciéndolas bien y fijándose mucho en si realmente se hace la conexión requerida. Es decir: Importa mucho no equivocarse los puntos de conexión. Por otra parte, quiero insistir sobre el cuidado que debe poner al manejar las clavijas y bananas una vez enchufado el aparato. No toque sus puntas metálicas. Usted ya sabe que no debe hacerlo, pero nunca está por demás una insistencia reiterada para evitarle un susto.

Este comprobador de circuitos, naturalmente es un aparato que tiene su utilidad y creo adivinar que usted se está preguntando para qué va a servirle lo que con tanta afición acaba de montar. No se preocupe: este montaje, su comprobador, no se convertirá en un instrumento inservible, sino que llegará a ser una eficaz ayuda cuando más adelante trate de localizar averías en un circuito. Por otra parte, en la próxima lección veremos una primera etapa de construcción de un tablero de pruebas que se complementa con este comprobador. Ambas cosas deben ser parte integrante de su laboratorio.





Una vez montado nuestro aparato, tiene el aspecto que puede apreciar en esta fotografía. Partiendo del enchufe de la pared y a través del cable bipolar, la corriente eléctrica (concepto que estudiaremos en la próxima lección) alimenta el circuito de nuestro comprobador cuya bombilla permanece encendida gracias a que las dos puntas de prueba están en posición de contacto.



# **ELECTRICIDAD**

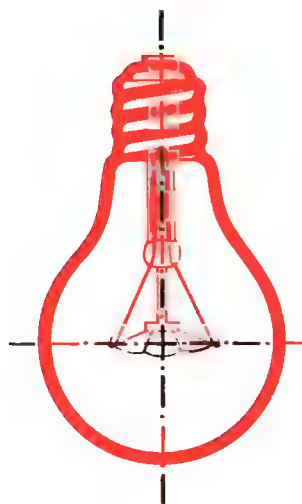
**Corriente eléctrica**

**Medidas eléctricas**

**Intensidad, resistencia y voltaje**

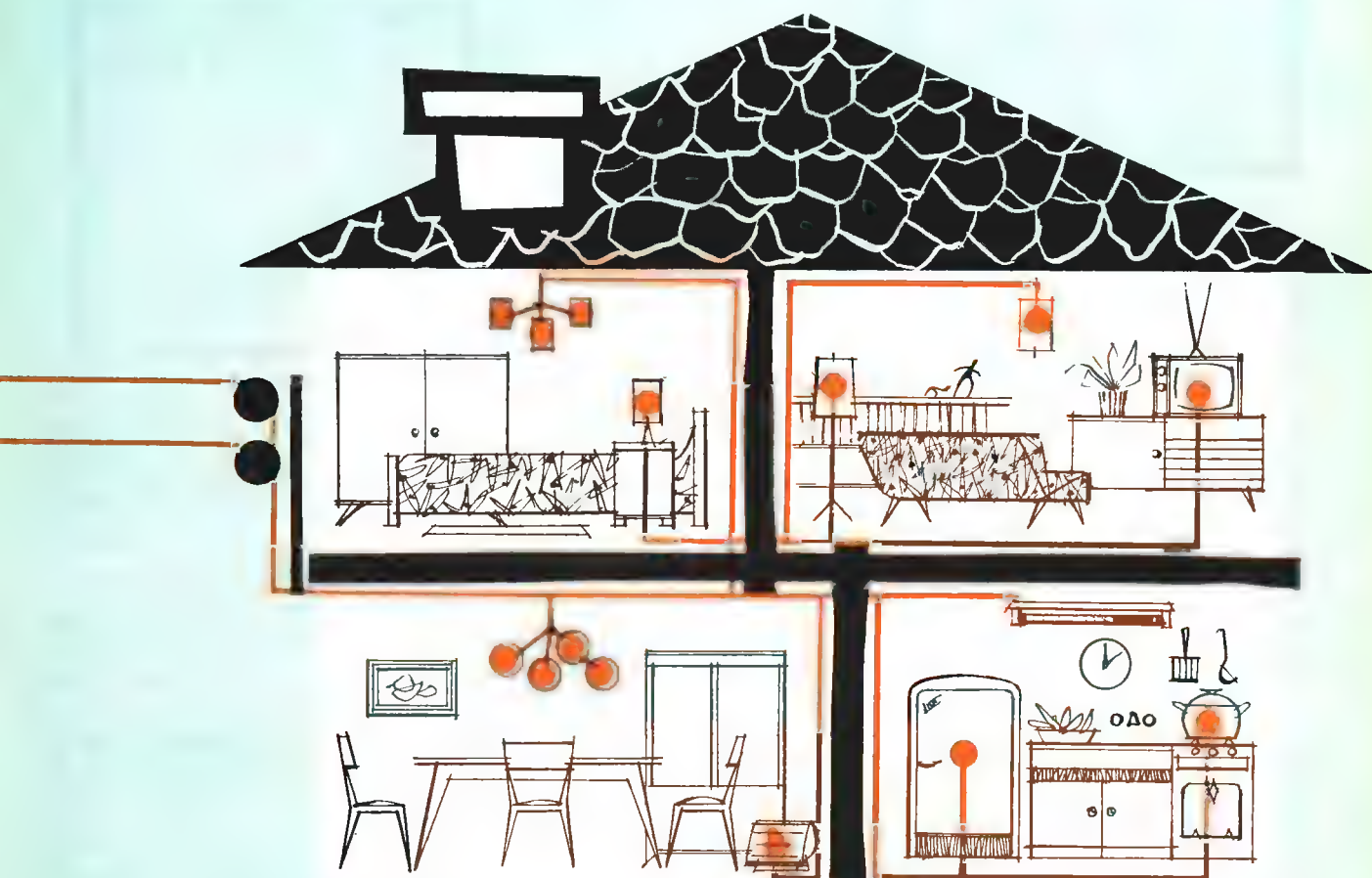
**Alta y baja tensión**

**Instalaciones domésticas-Aparamenta**



**LECCION N°**

**2**



## LA CORRIENTE ELECTRICA

En la lección anterior hemos hablado de la electricidad por frotamiento; vimos cómo podía cargarse positiva o negativamente un cuerpo mediante un sistema tan simple como es frotarlo con un paño de lana. Una vez cargado, considerábamos tres posibilidades de descarga, que, como recordará, eran éstas:

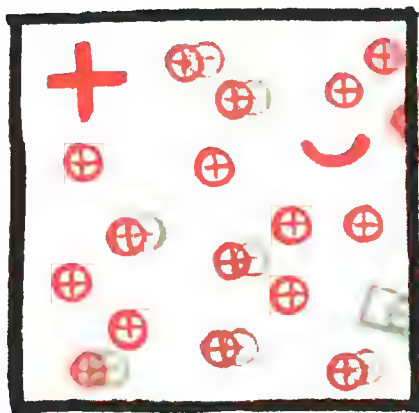
- POR CONTACTO
- POR ARCO
- POR UN CONDUCTOR

Es casi seguro que la tercera posibilidad de descarga le ha hecho pensar, por asociación de

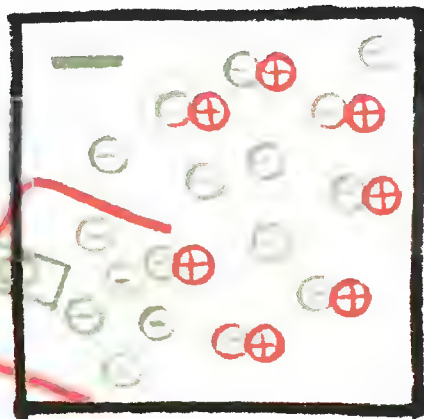
ideas, en un hilo conductor, porque usted, como todo el mundo, sabe que a través de estos hilos conductores circula una *corriente eléctrica*.

Este concepto de corriente eléctrica es una de aquellas cosas que todos conocemos de oídas, pero que pocas veces llega a ser un conocimiento exacto de lo que en realidad es. Sabemos que en nuestra casa tenemos una instalación eléctrica por la que circula una corriente gracias a la cual se encienden las bombillas, se pone al rojo vivo la resistencia de las estufas y hornillos, la radio suena, etc., etc. Pero...

¿Qué es la corriente eléctrica?... ¿Cómo contestar a eso?



La corriente eléctrica es un flujo de electrones que corre desde un cuerpo con carga negativa a otro con carga positiva.



Cuando situamos un hilo conductor entre dos cuerpos con carga distinta, inmediatamente se establece el equilibrio de cargas gracias a que, a través del hilo, los electrones que sobraban en el cuerpo negativo han pasado al cuerpo positivo que los tenía de menos. Se ha establecido un flujo de electrones, una verdadera corriente a la que llamamos **CORRIENTE ELÉCTRICA**, perfectamente comparable a la corriente de agua que circula por una tubería.

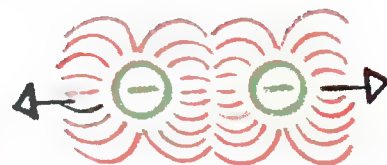
Así, pues, podemos definir la corriente eléctrica como **EL FLUJO DE ELECTRONES QUE SE ESTABLECE A TRAVÉS DEL CONDUCTOR QUE UNE DOS CUERPOS CON CARGA ELÉCTRICA DE DISTINTO SIGNO**.

Fíjese que definimos esta corriente como un **flujo**. ¿Por qué?... Si consulta un diccionario comprobará que por flujo se entiende *el movimiento de las cosas flúidas*, o sea, el movimiento de aquellos cuerpos que, como el agua, tienen poca consistencia.

Según eso, la corriente eléctrica ¿es un flúido?... Pues en teoría, sí; y se lo voy a explicar:

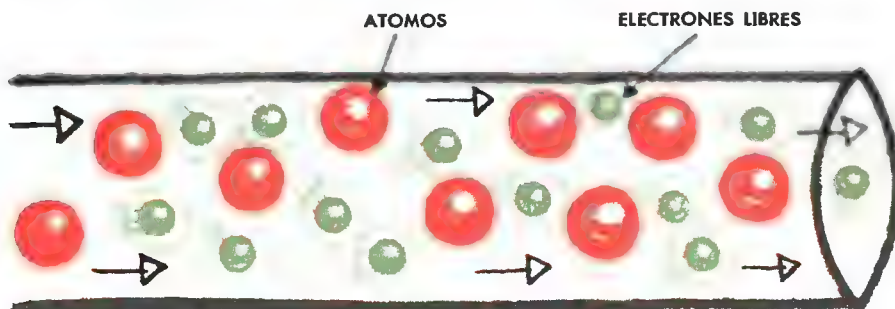
Usted sabe que alrededor de una bombilla encendida se forma una zona de calor tanto más

elevada cuanto más cerca de ella se considera. Podemos decir que alrededor de la bombilla encendida hay una zona de influencia que se manifiesta por un aumento de temperatura. Pues bien; igual

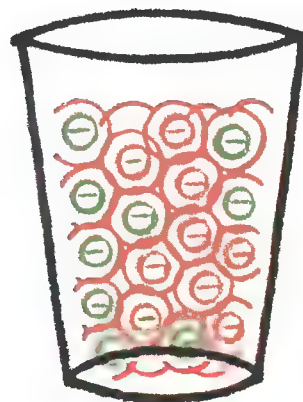


El campo del electrón puede compararse al campo de influencia de una bombilla encendida.

que la bombilla, los electrones tienen una zona de influencia que se manifiesta a su alrededor, de forma que dos de ellos no necesitan ponerse en contacto para repelerse (recuerde que cargas iguales se repelen); es más: gracias a su zona de influencia, este contacto nunca llegará a establecerse.



Los electrones se desplazan por el conductor como si se tratase de un fluido. Gracias a su campo los electrones que pudiese contener un recipiente quedarían en suspensión, sin llegar a tocarse.



Imagine un recipiente lleno de electrones. No es posible, claro; pero, puestos a imaginar somos libres para suponerlo. Si los electrones, debido a su zona de influencia, no pueden tocarse unos a otros, quedarán en suspensión, exactamente igual a como aparecen las partículas de polvo en el aire.

Pues bien; podemos comparar el recipiente imaginario con el cuerpo conductor de la corriente eléctrica; y si esta corriente resulta formada

por el movimiento de los electrones *en suspensión*, con las características de un fluido, no debe extrañarle si alguna vez oye hablar del *fluido eléctrico*. Sepa desde ahora que es exactamente lo mismo citar una corriente eléctrica que un fluido eléctrico.

Otra cosa que debe saber: que a la zona de influencia de los electrones se le llama CAMPO.

## COMO SE ESTABLECE LA CORRIENTE ELECTRICA A TRAVES DE UN CONDUCTOR

Ahora que ya sabemos la naturaleza de la corriente eléctrica, que hemos considerado comparable al movimiento de un fluido, vamos a analizar de qué forma se establece el flujo de electrones a través de un conductor.

El alambre conductor es un cuerpo en estado neutro. Usted ya sabe que esto quiere decir que sus átomos tienen las órbitas completas, con todos sus electrones.

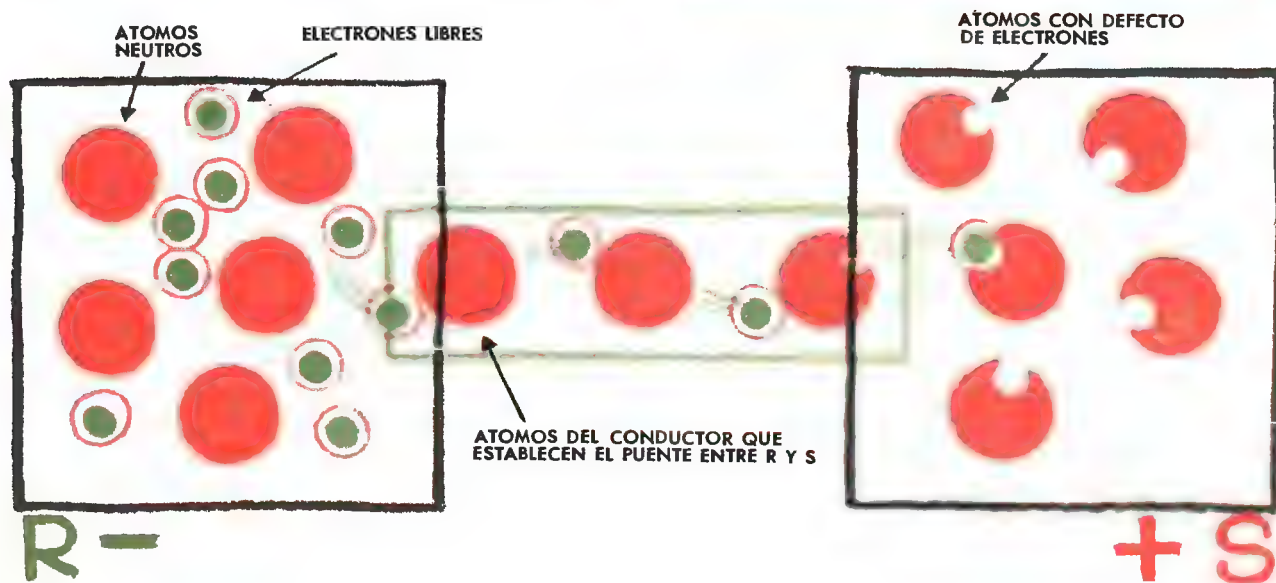
Suponga ahora un cuerpo R con carga negativa (exceso de electrones) y un cuerpo S con carga positiva, o sea, con menos electrones de los que normalmente debe contener. En el preciso instante en que ambos queden unidos por el alambre conductor en estado neutro, ¿qué ocurrirá?...

Los átomos del cuerpo S (+), que están ávidos de electrones, los tomarán de los átomos del conductor que están en contacto con ellos. Entonces, resultan ser los átomos del conductor más cercanos del cuerpo S (+) los que se han quedado

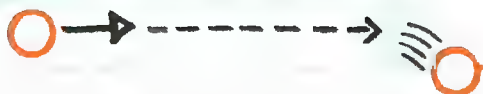
con menos electrones; y en su afán por recuperarlos deberán tomarlos de los átomos vecinos del mismo conductor hasta llegar a los del extremo que está en contacto con el cuerpo R (—), en cuyo momento empiezan a circular los electrones de R hacia el cuerpo S. Todo este proceso es instantáneo, de forma que en el preciso instante en que los extremos del alambre tocan los cuerpos R y S se establece este verdadero estado revolucionario entre los átomos excitados, produciéndose el movimiento de electrones del cuerpo R al cuerpo S a través del conductor.

La propagación de este estado eléctrico se efectúa a la velocidad de la luz, o sea, 300.000 kilómetros por segundo.

Esta es una representación gráfica de la iniciación de una corriente eléctrica. El proceso es instantáneo.







Esta bola tardará un cierto tiempo en recorrer el tubo. Este tiempo puede representar la velocidad del electrón.

Observe que hemos hablado de la *velocidad de propagación* del estado eléctrico de los electrones, o sea, de la velocidad con que se produce la corriente eléctrica; pero no hemos hablado de la velocidad real del electrón, que es menor.

Entonces, se preguntará usted, ¿cómo se explica que el electrón tenga una velocidad menor y que, sin embargo, se afirme que la corriente eléctrica (que es un flujo de electrones) tenga la velocidad de la luz?...

Lo comprenderá sin esfuerzo por medio de un sencillo símil.

Imagine que el conductor es un tubo en posición horizontal. Compararemos los electrones a unas bolitas de cualquier material. Si tiramos una de estas bolas por el interior del conductor, aun-



Este gráfico nos da una idea de la razón de la velocidad de propagación de la corriente eléctrica.

que el empujón que le hayamos dado sea muy fuerte, tardará algún tiempo en salir por el otro extremo del tubo. La bola — que hemos dicho que sería un electrón — ha corrido con una cierta velocidad; digamos que con la velocidad del electrón.

Pero ahora llene completamente de bolas el tubo y, presionando un poco, introduzca otra bola. INMEDIATAMENTE saltará la del otro extremo. Aquí, lo que se ha transmitido instantáneamente es la *presión* de una bola con otra. Esta transmisión de presión es lo que podemos comparar con el paso de la corriente eléctrica: la provocación del estado eléctrico en un conductor, explicándose por qué esta provocación se produce a la velocidad de la luz, sin necesidad de que la velocidad del electrón sea la misma.

## LOS GENERADORES

Hasta aquí, parece que queda muy claro que entre un cuerpo R (—) y un cuerpo S (+) puede establecerse una corriente eléctrica; pero ante el gráfico explicativo correspondiente, una pregunta parece inmediata:

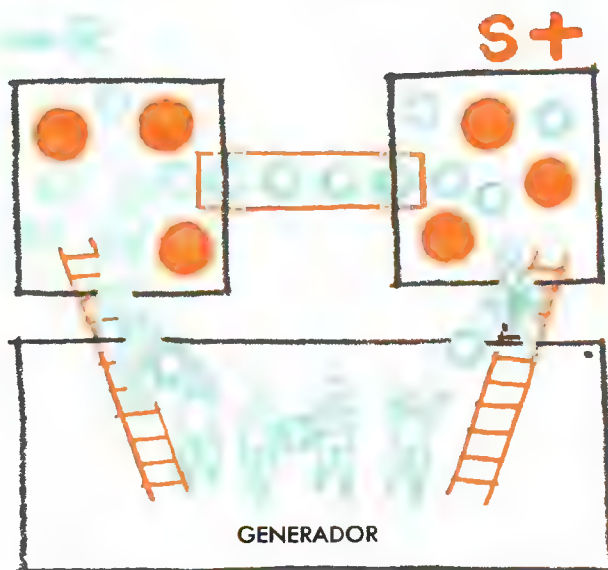
Cuando los electrones del cuerpo R se acaban, o sea, cuando se ha establecido el equilibrio entre el cuerpo negativo y el positivo, ¿qué pasa?... Pues nada; se acabó la corriente eléctrica, es evidente.

Pero no es menos evidente que sin una corriente eléctrica constante no hay sistema de aprovechar la electricidad. Durante muchísimos años la electricidad estuvo estancada, por decirlo así, precisamente porque no se había encontrado la forma de alimentar con nuevos electrones el cuerpo R, evitando así la interrupción de la corriente eléctrica.

Para mantener una corriente eléctrica constante necesitamos un generador que sea capaz de reponer los electrones del cuerpo R a medida que los vayan necesitando los cuerpos que puedan conectarse a él.

Este retorno de electrones puede provocarse

por uno de los cinco medios citados en la lección anterior, que, según recordará, eran: Calor, luz, presión, acción química y magnetismo. Sea cual fuere la fuente de energía que aprovecha el



El generador es el aparato en cuyo interior se organiza el retorno de los electrones que el cuerpo R ha perdido al cederlos al cuerpo S.

generador para proveer de electrones al cuerpo R de nuestro gráfico explicativo, en todos ellos debemos considerar algunas cuestiones fundamentales.

En todo generador encontramos dos elementos llamados BORNES o POLOS, que no son otra cosa que los cuerpos R y S de nuestro símil; es decir: una masa que cede electrones y otra que los recibe, en cuanto se les une con un conductor. Vea que hemos comparado nuestro imaginario generador a una pila normal y corriente. Hemos tomado esta comparación porque una pila es quizás el generador de corriente más divulgado.

Dentro de esta pila (el generador) ocurren distintos fenómenos que, si bien no vamos a estudiar ahora, sí debemos mencionar para que pueda comprender el contenido de las páginas que siguen. Pero lo que ocurre, lo explicaremos mediante una comparación; son conceptos muy sutiles, cuya definición resulta difícil. Son conceptos que deben intuirse más que definirse.

Imagine que los dos polos del generador son dos individuos de caracteres completamente opuestos. En realidad es así, puesto que el carácter positivo del uno es, por naturaleza, antagónico al carácter negativo del otro.

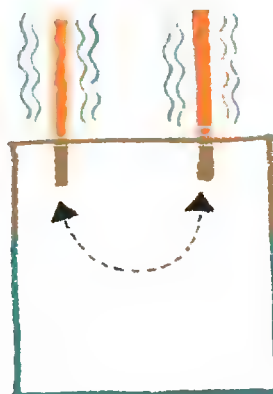
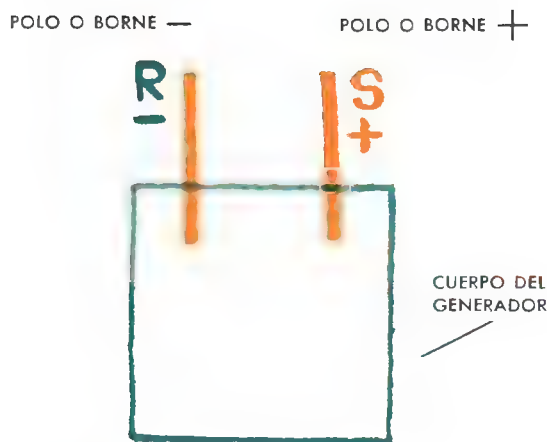
Y ¿qué ocurre cuando dos individuos de caracteres tan opuestos se encuentran frente a frente?... Lo más usual es que en cuanto otro individuo los excita un poco, se crea entre los dos un estado de *tensión*... que es lo que hace el generador entre los dos polos.

Es decir: el generador crea entre los polos una *tensión*, un estado de excitación que se va acumulando en ellos, de la misma forma que entre los dos individuos que hemos supuesto se iría acumulando mutua antipatía que les llevaría a darse de bofetadas al más mínimo contacto de sus manos.

En el generador ocurre lo mismo: una vez producido el *estado de tensión* entre los bornes, cuando han *acumulado* una buena cantidad, basta acercarlos para que *salte la chispa* o conectarlos con un conductor para que empiecen a circular los electrones.

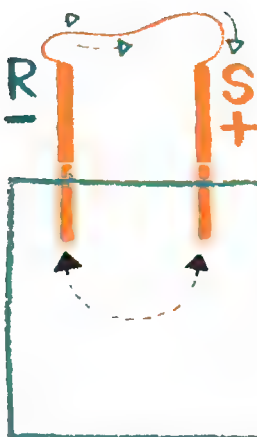
Sobre el concepto de tensión eléctrica, deberemos insistir cuando hablemos del voltaje; pero podemos adelantar una definición, diciendo que:

**TENSIÓN ELÉCTRICA ES LA CANTIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONTENIDA EN UN CUERPO O CONDUCTOR.**



Una pila es un generador de corriente que actúa gracias a una acción química; sus bornes son las lengüetas de metal.

En los bornes se crea un estado de tensión. Si acercamos los bornes saltará la chispa.



Si conectamos los bornes por un conductor, establecemos una corriente.

## SENTIDO DE LA CORRIENTE ELECTRICA

Preste mucha atención a la observación que vamos a hacerle.

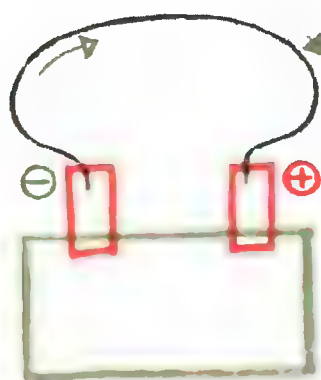
Sabe que entre los bornes de un generador puede establecerse una corriente eléctrica y que LOS ELECTRONES PASAN DEL POLO NEGATIVO AL POLO POSITIVO, puesto que es éste último quien los reclama.

ESTE ES EL SENTIDO REAL DE LA CORRIENTE: DEL MENOS (—) AL MÁS (+).



Ahora bien: resulta que cuando la teoría era una cosa prácticamente desconocida, ya se presumía que la corriente eléctrica era *algo* que circulaba entre los dos polos de un generador; y aceptando esta presunción (que resultó cierta) se estableció como principio fundamental que la corriente eléctrica circulaba del polo positivo al negativo.

Es decir: EL SENTIDO FIGURADO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA ES DEL POLO MÁS (+) AL POLO MENOS (—).



SENTIDO REAL

SENTIDO FIGURADO  
¡adoptemos este  
sentido!

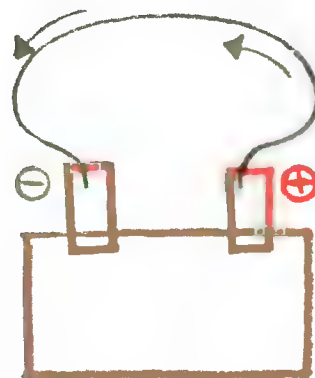


Hasta cierto punto resulta lógico que la primera suposición fuese ésta, porque parece que con ello se quiere decir que *aquel que tiene más cede al que tiene menos*.

Actualmente sabemos que no es verdad; pero sea por respeto a nuestros antepasados electricistas, sea por la comodidad que supone no tocar lo que ya se ha encontrado hecho, y habida cuenta de que esta suposición *no representa nada que altere los resultados prácticos que se persiguen de la electricidad*, el caso es que mundialmente se sigue indicando el sentido de la corriente como un flujo del polo positivo al negativo.

Quede, pues, muy claro que cuando hablemos de electricidad, sin relacionarla con la teoría atómica, aceptaremos que el sentido de la corriente es figurado:

DEL POLO MAS AL POLO MENOS



## CONDUCTORES, SEMICONDUCTORES Y AISLANTES

Si recopilamos lo que llevamos estudiado llegaremos a estas conclusiones: Que la electricidad se manifiesta cuando en un cuerpo se produce un desplazamiento de electrones; que cuando entre dos cuerpos con cargas distintas se establece una conexión por medio de un alambre conductor hay un flujo, una corriente de electrones que hemos quedado en llamar corriente eléctrica; y que, para

mantener esta corriente, se necesita un generador.

Conviene detenernos un poco en un detalle que no hemos precisado: la naturaleza del hilo de conexión. Observará que hemos venido hablando de un conductor, de un alambre o hilo conductor. No hemos mencionado, por ejemplo, un hilo de seda o una varilla de madera. Este detalle tiene mucha importancia. Si hemos hablado de un alam-

bre y no de un hilo de seda, es por la simple razón de que con el hilo de seda no se establecería la corriente eléctrica.

Los conocimientos que hemos recopilado ahora mismo nos hacen intuir que el nexo de unión entre los bornes del generador debe ser tal que sus átomos sean capaces de desprenderse con facilidad de los electrones de su órbita más externa. Sólo un material de estas características será una buena vía de tránsito para la corriente eléctrica.

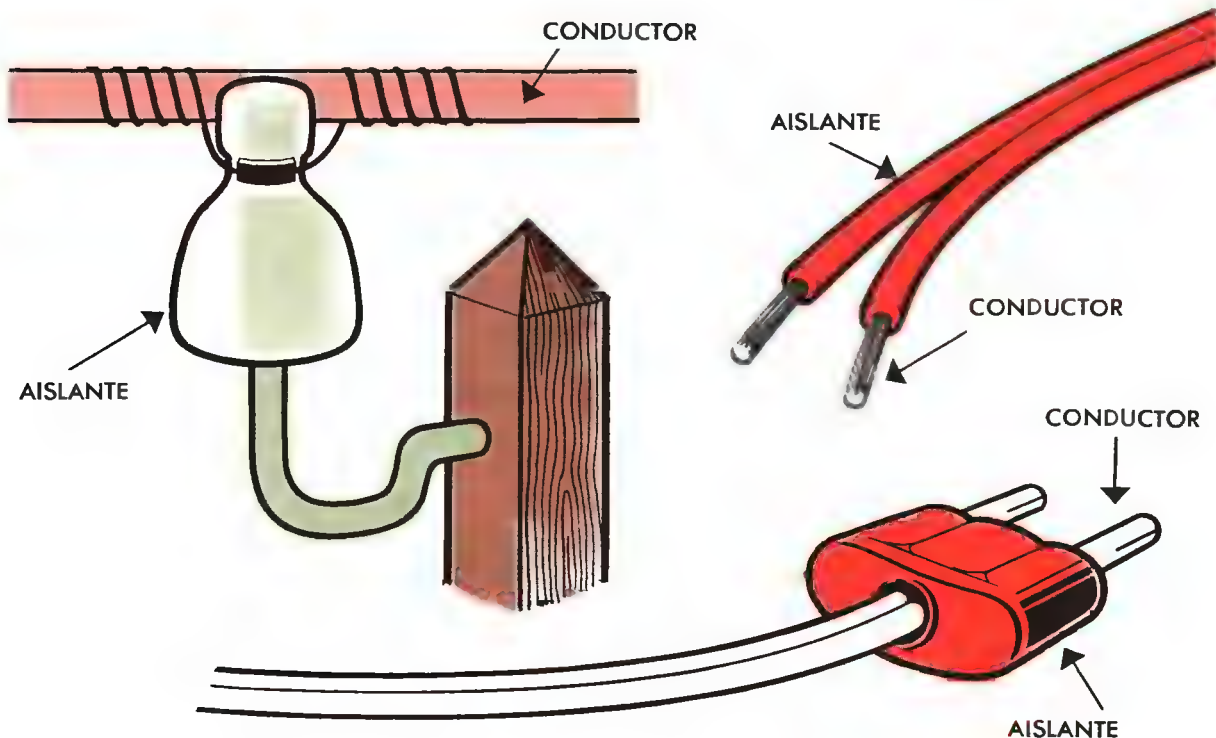
Existen átomos que, para entendernos, podemos llamar sensibles. Serán aquellos que al más pequeño cosquilleo pueden desprenderse de algunos de sus electrones: un átomo de esta especie es el de la plata, y por eso un hilo de plata es un camino ideal para que a través de él se establezca una corriente eléctrica.

A los cuerpos que están formados por átomos que, como los de la plata, pertenecen al grupo que hemos calificado de sensibles, se les llama CONDUCTORES. En mayor o menor grado, podemos afirmar que son conductores todos los metales. CUERPO CONDUCTOR ES AQUEL QUE NO OFRECE RESISTENCIA AL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Pero no todos los átomos sueltan electrones con la misma facilidad. Y en un orden decreciente de facilidad, encontramos otro tipo de átomos que nosotros llamaremos reacios que, si bien son capaces de desprenderse de algún electrón, se resisten a tal desprendimiento. Sus electrones están fuertemente unidos al núcleo; para que la corriente eléctrica circule a su través se necesitan ciertas condiciones. ¡Y aun satisfaciendo estas condiciones, la corriente siempre circulará con no pocas dificultades!

A estos cuerpos como el germanio, el selenio, el silicio y el mármol, que son conductores a medias, se les conoce por SEMICONDUCTORES. Podemos decir que CUERPO SEMICONDUCTOR ES AQUEL QUE SÓLO DEJA PASAR PARTE DEL FLUJO DE ELECTRONES QUE LLEGA A UNO DE SUS EXTREMOS.

Finalmente, encontramos otro tipo de átomos, a los que vamos a llamar duros; no sueltan electrones ni ante las provocaciones más fuertes. Son absolutamente no conductores... aunque en realidad no debiéramos decir *absolutamente*, por cuanto no hay ningún material que detenga totalmente el flujo de electrones de una corriente eléctrica. Lo que ocurre es que la cantidad de electrones





que se desprenden de sus átomos es tan escasa que, para los efectos prácticos, debemos considerar que esta cantidad es cero.

A estos cuerpos se les llama aislantes o simplemente no conductores. UN CUERPO ES AISLANTE CUANDO ES INÚTIL PARA QUE A SU TRAVÉS SE ESTABLEZCA UNA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Ante estos tres comportamientos distintos frente a la electricidad, uno puede pensar que al técnico sólo deben importarle aquellos cuerpos que son eminentemente conductores, puesto que de ellos puede esperarse un comportamiento óptimo. Ciertamente, gracias a ellos es posible llevar la corriente eléctrica al punto que interese; pero no es menos cierto que el control y manejo

de esta misma corriente (sin lo cual de nada nos serviría) es posible gracias a los cuerpos semiconductores y aislantes.

Cuando hablemos de los rectificadores de corriente comprenderá la gran importancia de los semiconductores. Ahora, para hacerle comprender que sin aislantes no habría sistema de dirigir la corriente por donde deseamos y que sin ellos el aprovechamiento de la electricidad sería prácticamente imposible, considere los tres ejemplos que incluimos

Para cerrar estas consideraciones generales sobre los tres tipos de cuerpos con los que deberemos trabajar, hagamos un resumen:

# MATERIALES

CONDUCTORES



No se oponen al paso de la corriente.

SEMICONDUCTORES



Entorpecen el paso de la corriente.

AISLANTES



Interrumpen el paso de la corriente.

## LA ELECTRICIDAD TAMBIEN SE MIDE La intensidad y sus unidades

Ya conocemos la naturaleza de la electricidad; sabemos qué es una corriente eléctrica, pero no hemos hablado de una manera directa de los efectos que esta corriente puede producir. Sin embargo, el interés de la electricidad no estriba en otra cosa que en los efectos que produce, de tal modo que estudiar electricidad es estudiar y profundi-

zar en los efectos que podemos conseguir por medio de una corriente eléctrica, descubriendo su misterio y dominando la técnica que los produce y controla.

A grandes rasgos decimos que los efectos de la corriente eléctrica pueden ser de cinco clases:



luminosos, caloríficos, magnéticos, dinámicos y químicos.

De estos cinco efectos debemos relacionar (como indica el gráfico precedente) la luz y el calor, puesto que todo fenómeno lumínico va acompañado de un desprendimiento de calor y todo fenómeno calorífico produce un efecto luminoso. También el magnetismo y la fuerza motriz, en el gráfico que comentamos, quedan enlazadas por un trazo que las une. La razón es ésta: La producción de fuerza y movimiento por medio de la electricidad se consigue aprovechando los fenómenos magnéticos que se producen en los cuerpos cuando acompañan determinadas circunstancias.

Bien; éstos son los efectos y por ellos podemos descubrir que por un determinado aparato circula una corriente eléctrica. Estos efectos —usted lo habrá comprobado en muchísimas ocasiones— se manifiestan con distinto valor según sea el aparato o según sea la corriente que por él circula. Usted ha observado alguna vez que en días tormentosos la luminosidad de las bombillas de su casa disminuye considerablemente durante un tiempo más o menos largo. El comentario es casi siempre el mismo: ¡Ha bajado la corriente!

Este comentario, que se ajusta a una realidad, nos lleva de la mano a considerar que si los efectos que produce una corriente aumentan o disminuyen, será debido forzosamente a que la corriente también ha disminuido o aumentado. Y cuando una cosa puede aumentar o disminuir es que de esta cosa pueden determinarse cantidades; es decir: que esta cosa puede medirse. En verano aumenta la temperatura y medimos este factor (la temperatura) por una unidad llamada grado. En resumen: Cuando podemos hablar de la cantidad de algo, es que podemos medir este algo; y para medirle, ya se sabe, necesitamos una cantidad que nos sirva de término comparativo: es la unidad.

La corriente eléctrica, hemos venido diciéndolo, es algo que se mueve, que se desplaza. Por tanto, para medir esta corriente necesitaremos referirnos a un factor común en toda medición en la que interviene el movimiento: es el factor tiempo. Cuando hablamos de la velocidad de un automóvil, decimos que ha corrido a tantos kilómetros *por hora*; cuando hablamos del caudal de una fuente decimos, por ejemplo, que este caudal (que es la cantidad de agua que mana por unidad de tiempo) es de 20 litros *por segundo*. Observe cómo

hemos relacionado la cantidad de agua (los 20 litros) con el tiempo unitario en que estos litros manan de la fuente: un segundo.

Y ¿no hemos comparado la corriente eléctrica con la corriente de un fluido?... Entonces, si son dos cosas semejantes, ¿por qué no medir la cantidad de electricidad como si se tratase de medir el caudal de una fuente?... Ni más ni menos, ¡eso es lo que se hace!

Se trata, pues, de medir el caudal de electricidad que lleva un conductor. A este caudal se le llama **INTENSIDAD**.

En el ejemplo de la fuente conocíamos el caudal relacionando la *cantidad* de agua emanada con el tiempo en que esta cantidad había pasado por una sección del tubo. Lo mismo deberemos hacer con un flujo eléctrico: relacionar la cantidad de electricidad con el tiempo en que esta cantidad tarda en pasar por una sección del conductor.

Por lo tanto, para poder hablar de intensidades, necesitamos conocer cantidades de electricidad. La cantidad de electricidad que puede contener un cuerpo se conoce con el nombre de **CARGA ELÉCTRICA**, o simplemente **CARGA**... que deberemos medir con la ayuda de una unidad previamente escogida.

Lo primero que se nos ocurre es pensar que, por ser el electrón la menor carga eléctrica que podemos considerar, deberemos medir la cantidad

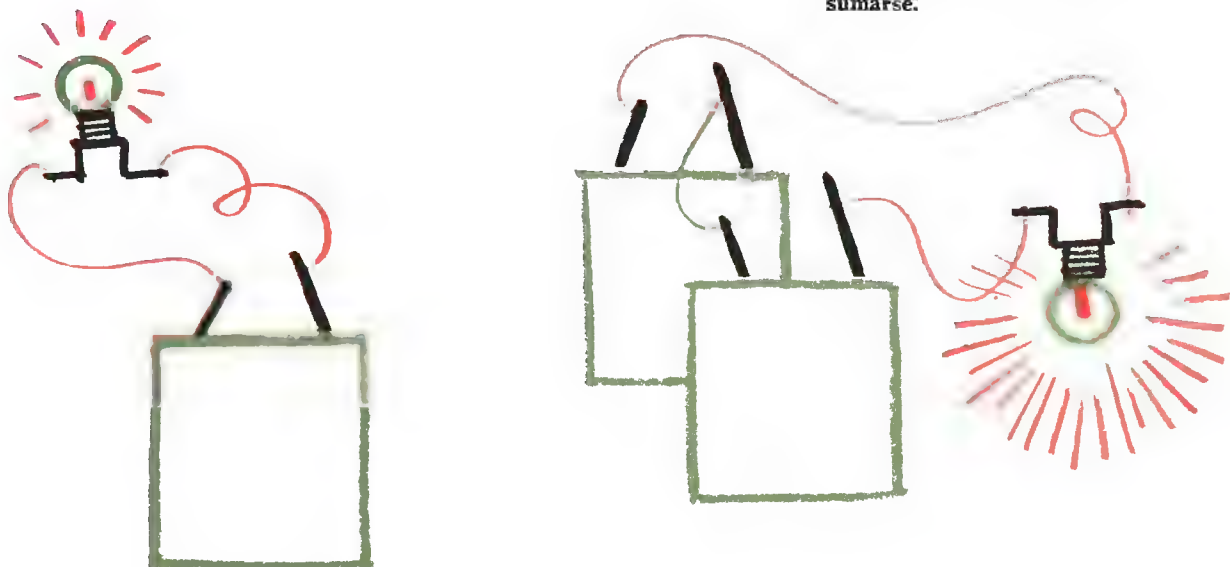
de electricidad contando los electrones libres contenidos en el cuerpo cargado... ¡Y así es en realidad!

Lo que ocurre es que contar por electrones sería una verdadera locura, puesto que el electrón es algo prácticamente inconmensurable. Es una partícula cuya carga eléctrica es tan sumamente pequeña que para manifestarse en forma evidente necesita el concurso de millones de millones de ellas. Si cuando salta la chispa entre los dos bornes de un generador eléctrico pudiéramos afirmar que se ha producido una descarga de cientos o miles de electrones, sería factible tomar el electrón como unidad de carga. Pero la realidad es muy distinta. La chispa eléctrica más insignificante representa una descarga de millones y más millones de electrones, cosa que nos llevaría a operar continuamente con números astronómicos, si tomásemos al electrón como unidad de carga.

La cantidad de agua, generalmente, la medimos con unidades de capacidad; hablamos de los litros de agua que pasan por una tubería, por ejemplo. ¿Qué diría usted de alguien que midiese una cantidad de agua contando por moléculas?... Por lo mismo debe comprender que la unidad de carga eléctrica (cantidad de electricidad) no es el electrón, sino una cantidad de carga muy superior.

La unidad de carga más conocida es el **COULOMB** o **CULOMBIO**, nombre puesto en honor del descubri-

El aumento de la luminosidad depende del valor de la corriente. A más corriente más luz. La corriente puede sumarse.





dor de la ley que regula la atracción y repulsión de las cargas eléctricas, Charles de Coulomb.

¿A cuántos electrones equivale un culombio?... Ahora debemos citar una cantidad tan enorme que la imaginación no alcanza a comprenderla. Uno ve muchos ceros; pero la verdadera magnitud que la cantidad representa escapa a nuestros poderes imaginativos. Un culombio, en números redondos, equivale a la carga eléctrica de seis trillones de electrones. Lo escribiremos en cifras:  $1 \text{ culombio} = 6,000,000,000,000,000$  de electrones.

Es una cantidad que escapa a nuestra imaginación, ya lo hemos dicho; pero a título comparativo, puedo citar una curiosidad:

Dieciocho trillones de granos de trigo cubrirían todo el globo terrestre con un espesor de cinco metros. Usted ya sabe lo pequeño que es un grano de trigo, ¿verdad?...

.. .. .

Ahora que ya conocemos la unidad de carga eléctrica, podemos hablar de la cantidad de electricidad contenida en un cuerpo cargado, de la misma forma que hablamos de la cantidad de agua contenida en un depósito.

Determinada la cantidad, en cuanto se establezca un flujo de cargas eléctricas, o sea, en cuanto esta cantidad se ponga en circulación, podremos medir la cantidad de carga que se desplaza en cada unidad de tiempo. Con ello habremos llegado al concepto de LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Así, por ejemplo, podemos decir que por un cierto conductor circula una carga de 60 culombios cada 30 minutos. Hemos expresado el caudal de la corriente, su intensidad. Y ahora preste atención:

## COMO SE MIDE LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE

Hasta aquí ha visto que la intensidad puede y debe medirse. Para ello se han establecido unas unidades. Lo que nos falta conocer es un sistema que permita contar el número de unidades que expresa la cuantía de la intensidad de una corriente.

Usted sabe que frente al volante de los automóviles aparece un aparato cuya finalidad es medir

No es ningún imposible que la intensidad de una corriente eléctrica sea de 1 culombio por segundo; y cuando se da esta circunstancia, cuando la intensidad de la corriente corresponde a la unidad de carga en cada unidad de tiempo (el segundo), decimos que dicha intensidad es de 1 amper o amperio.

La unidad de intensidad es el amperio, que podemos definir diciendo:

EL AMPERIO ES LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA QUE EN UN SEGUNDO TRANSPORTA UNA CARGA DE UN CULOMBIO.

El amperio muchas veces resulta una unidad demasiado grande; por ello se han establecido dos submúltiplos llamados miliamperio y microamperio. Sus valores son éstos:

EL MILIAMPERIO ES IGUAL A UNA MILÉSIMA PARTE DE UN AMPERIO.

EL MICROAMPERIO ES IGUAL A UNA MILLONÉSIMA PARTE DE UN AMPERIO.

Estas unidades se representan según sus formas abreviadas que nos evitan escribir el nombre entero. Los símbolos que representan las unidades de intensidad son éstos:

A. — Significa amperio.

mA. — Significa miliamperios.

$\mu$ A. — Significa microamperios.

I. — Es la intensidad.

De acuerdo con estas abreviaturas, la medición de la intensidad de una corriente podría venir indicada por estas expresiones:

$I = 32 \text{ A}$ , que leeríamos así: Intensidad igual a treinta y dos amperios.

También podría ser una intensidad como ésta:

$I = 250 \text{ mA}$ , que leeríamos así: Intensidad igual a doscientos cincuenta miliamperios.

Otro ejemplo:

$I = 783 \mu\text{A}$ , o sea: setecientos ochenta y tres microamperios.

la velocidad que lleva el vehículo. Estos aparatos llevan un arco de circunferencia graduado, cuya numeración corresponde a distintas velocidades expresadas en kilómetros por hora. Cuando la aguja del aparato señala, por ejemplo, el número 90, sabemos que estamos corriendo a 90 kilómetros por hora.

Pues bien, la intensidad de una corriente se



mide por un aparato cuya apariencia externa es muy similar. Este aparato indica directamente el número de amperios de la corriente eléctrica que se hace circular por su interior, o sea, la cantidad de culombios por segundo.

Vamos a conocer este aparato, al que llamamos **AMPERÍMETRO**. Pero vamos a conocerlo únicamente por su apariencia externa. De momento no debe importarnos el cómo y el porqué es capaz de señalar precisamente la cantidad de amperios de una corriente. Conoceremos los detalles, desde luego, pero más adelante.

La foto de la derecha pertenece a uno de los muchos tipos de amperímetros que pueden encontrarse en el mercado; se le han añadido dos trozos de conductor debidamente empalmados a los bornes que lleva el aparato, bien al dorso, bien a los lados.

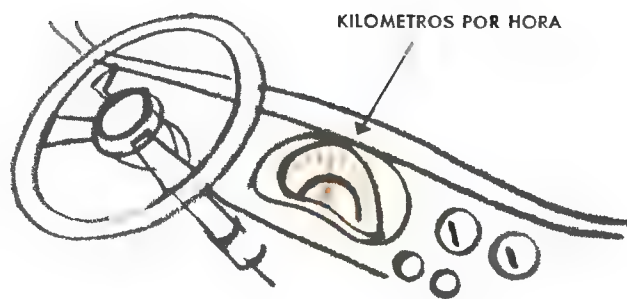
Cuando una corriente eléctrica entra por uno de estos cables, antes de salir por el otro debe atravesar los elementos que se encuentran en el interior del aparato; estos elementos son tales que producen una desviación de la aguja que se encuentra sobre la señal cero del arco graduado. Se comprende que a mayor intensidad corresponde una desviación mayor. Si la intensidad de la corriente es constante (vamos a suponer que sí) la aguja del amperímetro se detendrá sobre una determinada señal a la que corresponderá un número de amperios. Leído este número, tendremos automáticamente el valor de la intensidad de la corriente dado en amperios.

Cuando el aparato en vez de estar graduado en amperios lo está en miliamperios, recibe el nombre de **MILIAMPERÍMETRO**.

Conocer la intensidad de una corriente eléctrica es el punto de partida para la solución de cualquier problema, teórico o práctico, que con ella pueda relacionarse.

## LA RESISTENCIA ELECTRICA

La clasificación de los cuerpos en conductores, semiconductores y aislantes surge al considerar la mayor o menor dificultad que ofrecen al paso de una corriente eléctrica. Cuando hablamos de la dificultad que el viento representa para que avancemos en dirección contraria a la que él lleva, de-



cimos casi siempre que el viento opone una gran *resistencia* a nuestro caminar.

Este término (resistencia) es el que empleamos también para expresar la mayor o menor dificultad que la electricidad encuentra para atravesar un cuerpo. Cuando aplicamos este concepto de re-

sistencia para explicar, comentar o medir la oposición de un cuerpo al paso de una corriente eléctrica, nos referimos a la *resistencia eléctrica* del cuerpo considerado.

Debe tenerse en cuenta que la resistencia eléctrica no es privativa de los cuerpos semiconductores o aislantes, sino que es un factor a tener en cuenta aun en el caso de operar con materiales altamente conductores. Debemos contar siempre con la resistencia del conductor.

Una carretera bien pavimentada ofrecerá menos resistencia al paso de un vehículo que una carretera llena de baches; pero si por cualquier motivo debemos estudiar todos los factores que pueden afectar la velocidad del vehículo, resulta imprescindible contar que entre el piso de la carretera y las ruedas existirá una fricción, una cierta resistencia que el vehículo deberá vencer en su avance.

Con el factor resistencia ocurre exactamente igual: puede ser muy bajo, casi imperceptible, pero siempre existirá y siempre dejará sentir su influencia sobre la intensidad de la corriente. Para una misma carga (cantidad de electricidad) la intensidad de la corriente (cantidad de carga por unidad de tiempo) se comprende que sea menor cuanto mayor sea la resistencia que ofrece el conductor.

Si la resistencia es algo que debemos considerar en todo estudio eléctrico, es evidente que tendremos necesidad de valorarla, de medirla. ¡Se impone la unidad de resistencia!

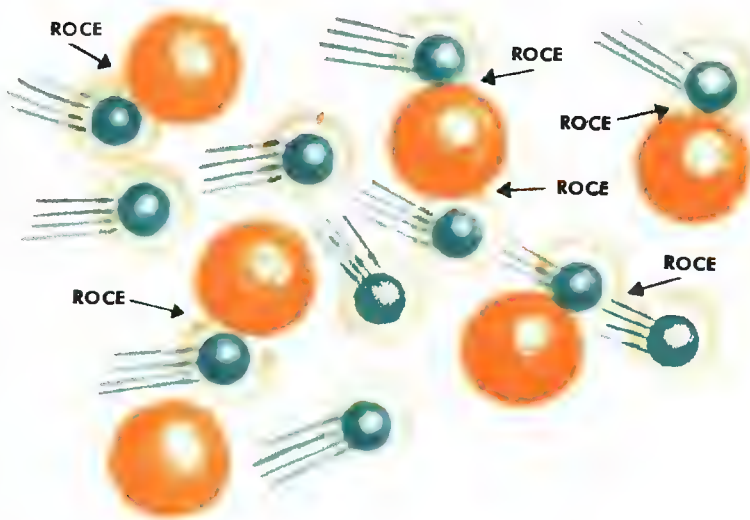
Digamos directamente que esta unidad es el OHMIO, llamado también OHM.

Y ¿qué es el ohmio?... ¿Cuál es la resistencia que representa?...

Para definir la unidad de resistencia (el ohmio) diremos:

UN OHMIO ES LA RESISTENCIA QUE OPONE A LA CORRIENTE ELÉCTRICA UNA COLUMNA DE MERCURIO DE 1'063 METROS DE LONGITUD Y UNA SECCIÓN DE 1 MM<sup>2</sup>, A LA TEMPERATURA DE 0° CENTÍGRADOS.

Esta es la llamada resistencia patrón. Se considera de mercurio, por ser el metal del que más fácilmente pueden eliminarse las impurezas; y se especifica que la resistencia debe considerarse a la temperatura de cero grados, porque las variaciones de temperatura influyen mucho sobre la resistencia eléctrica de los cuerpos.



Por bueno que sea un conductor, siempre habrá algún roce entre los electrones y sus átomos.

El ohmio — lo mismo que ocurre con el amperio — algunas veces resulta una unidad demasiado grande. Cuando se trata de medir resistencias de cuerpos muy conductores, por ejemplo, podríamos encontrarnos con fracciones de ohmio muy pequeñas. En estos casos se emplea un submúltiplo llamado MICROHMIO, que vale una millonésima parte de ohmio.

Es decir:

$$1 \text{ ohmio} = 1.000.000 \text{ microhmios}$$

Si en vez de medir la resistencia de un buen conductor se trata de medir la de un cuerpo altamente aislante, nos encontraremos en un caso completamente opuesto: La unidad de resistencia (el ohmio) resultará demasiado pequeña, cosa que nos obligará a trabajar con cifras muy altas. Para evitarlo se toma como unidad un múltiplo del ohmio, al que llamamos megohmio.

El megohmio es igual a un millón de ohmios

$$1 \text{ megohmio} = 1.000.000 \text{ ohmios}$$

Los nombres de ohmio, microhmio y megohmio tienen sus correspondientes símbolos, lo mismo que el factor resistencia. Veamos cuáles son estos símbolos para que con ellos podamos expresar, sobre el papel, cualquier medición efectuada.

R. — Con esta letra mayúscula indicamos que se trata de una resistencia eléctrica. Lo llamaremos, siempre, resistencia.

$\Omega$ . — Es la letra griega omega mayúscula, con la que se indica la unidad de resistencia: el ohmio. Siempre que aparezca una omega mayúscula, leeremos ohmios.

$\mu\Omega$ . — Cuando la omega venga precedida de otra letra griega que se llama *mu* minúscula, sabremos que se trata de una medición efectuada en microhmios.

$M\Omega$ . — Si la omega viene precedida de una *eme* mayúscula, entonces se tratará de una cantidad de megohmios.

Por ejemplo:

Esta igualdad:  $R = 14'3 \Omega$ , se leerá: Resistencia igual a 14'3 ohmios.

Si la igualdad viniese indicada así,  $R = 14'3 \mu\Omega$ , diríamos: Resistencia igual a 14'3 microhmios.

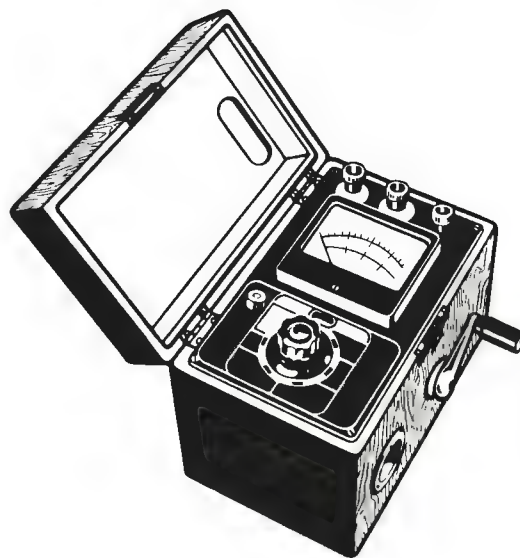
Y finalmente, cuando la igualdad fuese ésta:  $R = 14'3 M\Omega$ , diremos que: La resistencia es igual a 14'3 megohmios.

Para medir resistencias existen unos aparatos especiales llamados óhmetros, que llevan una escala graduada y una aguja que, situándose en un punto determinado de la misma, indica el valor de la resistencia conectada con el aparato.

Cuando el aparato está calculado para medir grandes resistencias (en cuyo caso estará graduado en megohmios) recibe el nombre de megóhmetro.



OHMIMETRO



MEGOHMETRO

## FUERZA ELECTROMOTRIZ Y DIFERENCIA DE POTENCIAL

Para prever, medir y controlar cualquier efecto que podamos provocar con una corriente eléctrica necesitamos conocer tres aspectos de la electricidad que bien podemos calificar de vitales. De estos conceptos hemos conocido dos: la intensidad y la resistencia. Nos falta conocer un tercer aspecto que dividiremos a su vez en dos: la fuerza electromotriz y la diferencia de potencial.

Veamos si ponemos en claro qué debemos entender por cada uno de ellos; pero así como para hablar de intensidad y resistencia hemos prescindido del generador — ya que suponiendo dos cuerpos con carga distinta teníamos bastante para intuir un flujo de electrones —, para definir en lo

posible la diferencia de potencial y la f.e.m. (así se indica la fuerza electromotriz) no podemos prescindir de la presencia de un generador y, además, necesitamos saber qué es un circuito eléctrico.

Un circuito eléctrico consta en su forma más simple de un generador y un receptor o consumidor de electricidad que sea, además, un camino para la corriente. Un circuito simple característico es el formado por una pila y una bombilla.

Veamos qué debe ocurrir para que se encienda la bombilla. Superficialmente sólo necesitamos hacer una cosa: conectar la bombilla a los dos bornes del generador (pila). En el instante en que

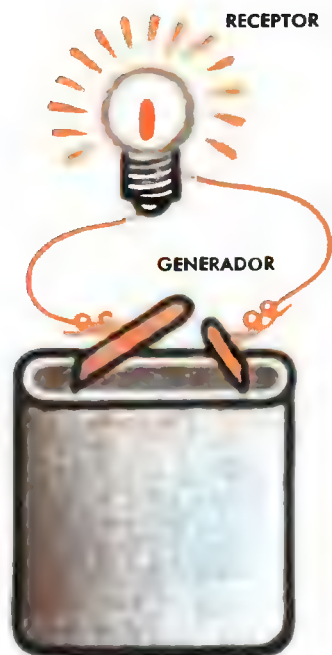


ambos cables de conexión toquen los bornes de la pila, ésta se enciende. Decimos que hemos cerrado el circuito. Si separamos del borne de la pila la conexión que le corresponde, abrimos el circuito y la bombilla se apaga. Pero ¿por qué se apaga?... Usted ya puede comprender por qué: el cabo suelto se convierte en prolongación de uno de los bornes de la pila, dejando de circular la corriente.

Veamos si profundizamos un poco más en el fenómeno:

Cuando una de las conexiones de la bombilla está separada del borne de la pila (el circuito está abierto) el generador actúa en el sentido de crear entre los dos polos de la pila aquella tensión que describíamos cuando hablábamos de los generadores. Ambos polos se cargan, pero no con igual cantidad. Uno de ellos acumula más carga que el otro, de forma que cuanto mayor sea la diferencia entre las cargas de ambos polos, mayor será la posibilidad de una intensa corriente entre ambos. Mientras no se cierre el circuito, esta corriente no se manifestará; pero ello no quiere decir que en los bornes del generador no exista la potencia necesaria para que se inicie en cuanto el circuito se cierre.

Un muelle comprimido, por ejemplo, es capaz de disparar la bola que colocamos en su extremo. Tiene fuerza suficiente para ello. Pero esta fuerza



Este es el circuito eléctrico más conocido: un generador (pila) y un receptor (bombilla en este caso).

no se manifestará en forma de movimiento mientras no dejemos camino libre a su expansión.

Pues bien; para que por un circuito pueda circular una corriente, necesitamos que entre los bornes del generador exista una diferencia de tensión que conocemos con el nombre de **DIFERENCIA DE POTENCIAL**. Abreviado, d.d.p.



**Circuito cerrado. La corriente circula.**

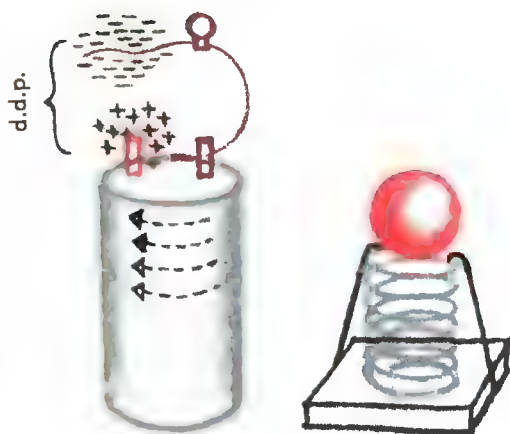


**Circuito abierto. La corriente se interrumpe.**



**El cabo suelto se convierte en prolongación del borne.**





Cuando el circuito está abierto, el generador produce una diferencia de cargas entre los dos bornes, que tienen una energía en potencia. La comparamos a la de un muelle comprimido.

Esta diferencia de potencial, *este desnivel entre las cargas de los bornes* de la pila, es la que hace que los electrones pasen del polo de mayor carga al que tiene menos carga por el camino que les hemos trazado. En nuestro caso, en su camino encuentran una bombilla que, una vez cerrado el circuito, se enciende.

La diferencia de potencial, pues, ha provocado una corriente entre los bornes del generador que ha sido capaz de encender la bombilla. Pero si esta corriente no se ve alimentada por la acción del generador la d.d.p. que existe entre los dos polos desaparecerá. Se necesita una fuerza capaz de mantener este desnivel de cargas: esta fuerza es la **FUERZA ELECTROMOTRIZ**. *Es la que establece la corriente interior del generador tomando constantemente las cargas que recibe el polo de menor potencia y restituyéndolas al polo de potencial mayor, impulsándolas al circuito exterior y manteniendo constante la d.d.p. entre ellos.*

Resumiendo:

Para que en nuestro circuito se encienda la bombilla se precisa una fuerza electro motriz (f.e.m.) capaz de crear en los bornes del generador una diferencia de cargas a la que llamamos diferencia de potencial, siendo esta diferencia de cargas la que a su vez motiva la corriente eléctrica.

Observe: la diferencia de potencial es la diferencia de cargas que produce la f.e.m. entre los extremos de un receptor (la bombilla en nuestro ejemplo) o entre dos puntos distintos de un circuito. Para que se establezca la corriente entre dos puntos distintos de un circuito, siempre deberá existir entre ellos una d.d.p.

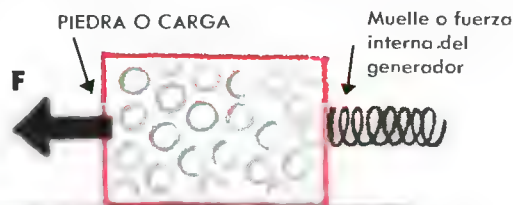
La fuerza electromotriz, pues, es la causa de la diferencia de potencial. Dicho al revés: La diferencia de potencial es un efecto de la fuerza electromotriz, de tal forma que no podemos considerar la causa separada del efecto ni el efecto separado de la causa. Es por ello que ambas cosas se miden con una misma unidad: EL VOLTIO.

Y ahora una afirmación: la f.e.m. es siempre mayor que la diferencia de potencial.

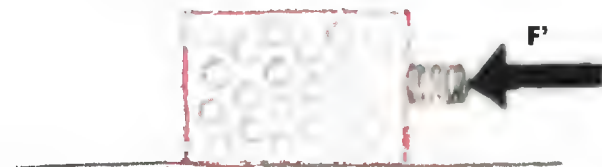
Se comprende fácilmente: la fuerza electromotriz debe ser capaz de trasladar los electrones del polo positivo al negativo en el interior del generador, creando con ello otra fuerza (la d.d.p.) que sólo debe ser capaz de impulsar los electrones por el circuito exterior.

Como interesa que este concepto quede claro, vamos a explicarlo con un ejemplo comparativo:

Supongamos que tenemos una piedra con un resorte acoplado a uno de sus extremos y que se trata de producir una fuerza capaz de mover la piedra.



El peso de la piedra podemos compararlo a la carga que debe deslizarse por el circuito, para lo cual se precisa una fuerza F.



Para que la piedra (carga) se mueva, necesitamos primero vencer la resistencia del muelle. Será una fuerza  $F'$ .



Para que la piedra se deslice necesitamos una fuerza F (d.d.p.) capaz de moverla por sí sola, más otra fuerza  $F'$  (fuerza que se manifiesta en el generador) que comprima el muelle.

La fuerza que necesitamos para mover la piedra, nos simbolizará la d.d.p.; pero, existiendo el resorte, es evidente que la piedra no se moverá mientras no hayamos aplastado completamente el muelle. Observe:

Para mover la piedra necesitamos primero una fuerza a la que llamamos  $F$  capaz de comprimir el muelle; y luego otra fuerza (que hemos comparado a la d.d.p.) que moverá la piedra cuando le sumemos la fuerza que ha comprimido el muelle.

Si llamamos  $F'$  a la fuerza que movería la pie-

dra en caso de no existir el muelle, podemos decir:

La piedra se moverá cuando sobre el muelle actúe una fuerza igual a  $F + F'$ . La fuerza  $F$  es, en el generador, la que traslada los electrones de la barra positiva a la negativa. La fuerza  $F'$  representa la diferencia de potencial.

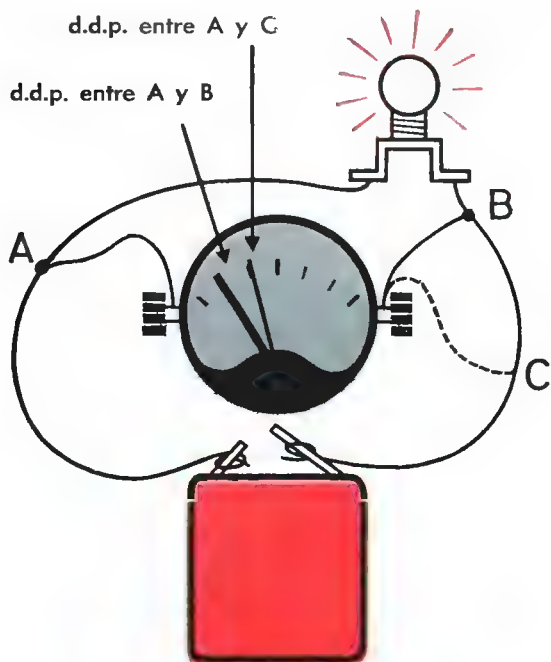
La suma  $F + F'$ , es la f.e.m., que en definitiva es la que provocará el deslizamiento de la piedra (movimiento de electrones).

## EL VOLTAJE - Sus unidades

A Volta, físico italiano (1745-1827), se debe el primer generador de f.e.m. Con su pila consiguió establecer una diferencia de potencial constante entre dos bornes; y por ello, a título de homenaje, la unidad de diferencia de potencial lleva su nombre.

Esta unidad, como hemos dicho, es el volt o voltio, que en forma abreviada se representa con  $V$ .

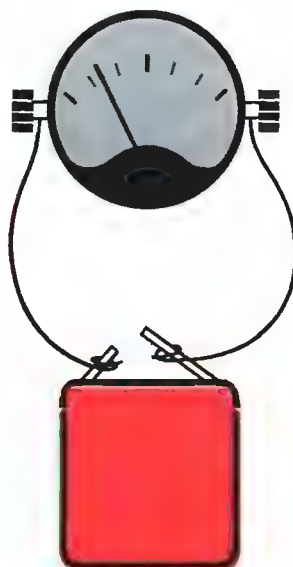
Siempre que se cita el número de voltios de una corriente se determina numéricamente su diferencia de potencial, de tal manera que se emplea mucho más el término VOLTAJE que la expresión que hemos empleado hasta aquí. Cuando en un estudio eléctrico aparece la letra  $V$  podemos leer indiferentemente voltaje o diferencia de potencial. (f.e.m. normalmente se representa por  $E$ .)



También la f.e.m. se mide por voltios; pero su medición no es directa. Recuerde que la f.e.m. es la suma del voltaje (d.d.p.) más otra fuerza interna del generador a la que se llama  $V$ .

Hacemos esta aclaración porque importa mucho que sepa que, de momento, sólo hablaremos de diferencias de potencial; del voltaje de los circuitos que estudiemos. Estos voltajes pueden medirse directamente con un aparato llamado VOLTIMETRO cuya apariencia externa no difiere en nada de la de un amperímetro. Sólo sabemos que se trata de un voltímetro porque en su arco graduado aparece la expresión  $V$  de voltios en vez de la  $A$  de amperios.

Cuando en un circuito intercalamos un voltímetro de mucha precisión tanteando distintos



Sólo en el caso de un generador con sus polos libres, la diferencia de potencial señalada por un voltímetro será equivalente a la fuerza electromotriz producida por el mismo generador.

puntos del conductor (vea la figura), observaremos que la aguja del aparato señala diferencias de potencial (voltajes) distintas. La variación del voltaje (d.d.p.) es muy escasa, pero sí perceptible. Como veremos, estas variaciones se deben al factor resistencia.

Quede, pues, claro, que con el voltímetro medimos diferencias de potencial. Sólo en un caso especial nos será dado medir directamente la f.e.m. de un generador. Es el caso de un generador con sus polos libres:

Cuando no está conectado ningún circuito a una pila, la diferencia de potencial que podemos apreciar entre sus bornes será igual que la f.e.m.



Un voltímetro sólo difiere externamente de un amperímetro en la indicación V que lleva en la esfera.

## EL VOLTIO - Relación entre la intensidad, la resistencia y la d. d. p.

Vamos a dar la definición del voltio para que tenga una idea exacta de esta unidad de d.d.p. Observará que para definir el voltio tenemos necesidad de relacionar los tres conceptos estudiados: intensidad, resistencia y diferencia de potencial. Llamamos la atención sobre este detalle, porque la relación que establecemos es fundamental para el estudio de la electricidad. Grabe esta definición en su memoria y habrá realizado un esfuerzo que le rendirá el cien por uno.

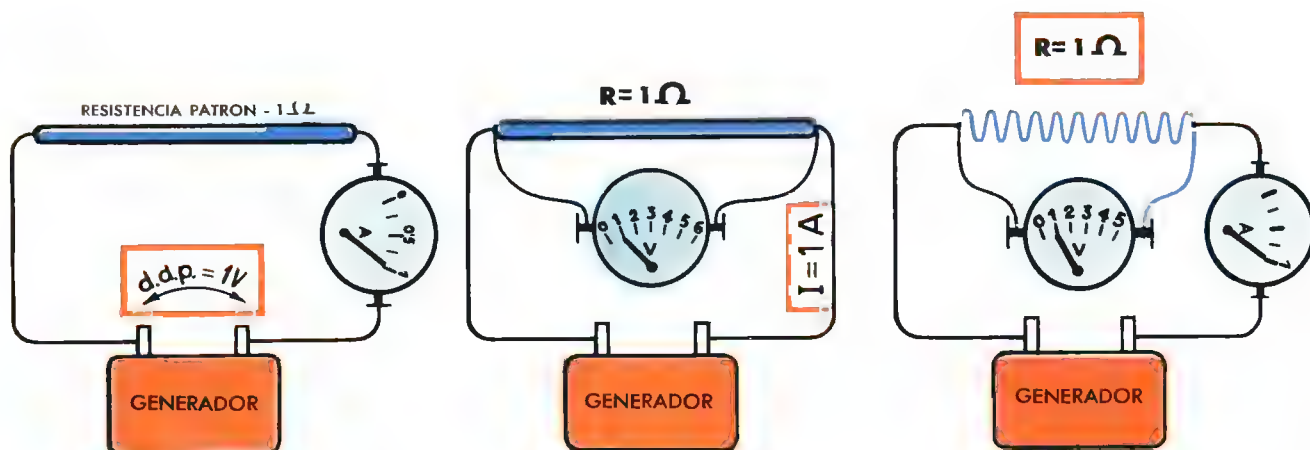
UN VOLTIO ES LA DIFERENCIA DE POTENCIAL CAPAZ DE PROVOCAR UNA CORRIENTE DE UN AMPERIO, EN UN CONDUCTOR CUYA RESISTENCIA ES DE UN OHMIO.

Supongamos una resistencia patrón (vea la de-

finición del ohmio) intercalada en un circuito. Si en un extremo de esta resistencia intercalamos un amperímetro y este amperímetro nos indica una intensidad de un amperio, podemos estar seguros de que el voltaje es de un voltio.

Si aplicamos un voltímetro entre los extremos de la resistencia de  $1\ \Omega$  y este voltímetro indica una d.d.p. de  $1\ \text{V}$ , podemos afirmar que la intensidad de la corriente que atraviesa la resistencia es de  $1\ \text{A}$ .

Y por último: si al final de una resistencia aplicamos un amperímetro y entre sus extremos conectamos un voltímetro, si la intensidad resulta ser de  $1\ \text{A}$  y el voltaje de  $1\ \text{V}$  podemos afirmar que el valor de la resistencia es de  $1\ \Omega$ .





## RESUMEN DE UNIDADES

FACTOR	NOMBRE	SÍMBOLO	VALOR
<b>Intensidad</b>	Amperio	A	Unidad
	Miliamperio	mA	1 1.000 A
	Microamperio	$\mu$ A	1 1.000.000 A
<b>Resistencia</b>	Ohmio	$\Omega$	Unidad
	Megohmio	M $\Omega$	1.000.000 $\Omega$
	Microhmio	$\mu$ $\Omega$	1 1.000.000 $\Omega$
<b>Voltaje</b>	Voltio	V	Unidad
	Kilovoltio	kV	1.000 V
	Milivoltio	mV	1 1.000 V

## ALTA Y BAJA TENSION

Ahora que ya sabemos qué debemos entender por tensión eléctrica, podemos hablar de una manera general de los dos grandes grupos en que se dividen las corrientes eléctricas. Esta división, aun suponiendo que no en todas partes se exprese con las mismas palabras, se hace partiendo de la base de que hay corrientes cuya tensión es baja o relativamente poca y que las hay cuya tensión es muy elevada o simplemente de consideración. Es decir: podemos hablar de corrientes de poca tensión y de corrientes de mucha tensión.

Escogemos, para denominarlas, estas expresiones:

### CORRIENTES DE BAJA TENSION CORRIENTES DE ALTA TENSION

La tensión, ya lo sabe usted, se traduce en un voltaje; y por tanto serán corrientes de baja tensión aquellas cuyo voltaje no exceda de un límite preestablecido por el reglamento del país, y de alta tensión aquellas que tengan un voltaje superior al del límite que se haya establecido para las corrientes de baja.

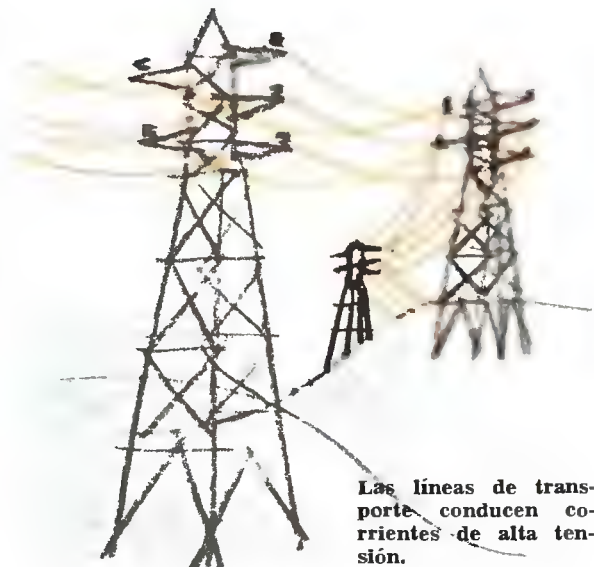
¿Cuáles son estos límites?... No podemos dar unos voltajes fijos, porque los límites de baja y alta tensión varían según los países; pero, haciendo una división general aproximada, podemos decir que:

SERÁ UNA CORRIENTE DE BAJA TENSION AQUELLA QUE NO EXCEDA DE LOS 1.000 V; Y SERÁ UNA CORRIENTE DE ALTA TENSION AQUELLA CUYO VOLTAJE SEA SUPERIOR A LOS 1.000 V.

Dentro de las corrientes de baja tensión podemos hacer una subdivisión:



Las instalaciones domésticas conducen corrientes de baja tensión. 125 V y 220 V es lo más normal.



Las líneas de transporte conducen corrientes de alta tensión.



**CORRIENTES DE MUY BAJA TENSIÓN:** aquellas cuyo voltaje no pasa de los 25 V.

**CORRIENTES NORMALES:** las que van de los 25 V sin pasar de los 440.

## CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA

Todo lo que llevamos hablado sobre electricidad se ha dicho considerando que el flujo de electrones corría *continuamente* desde el punto de mayor potencial al de potencial menor. La dirección de la corriente la hemos considerado constante, siempre la misma.

Ciertamente, en los ejemplos en que nos hemos apoyado, así ocurre en realidad; pero no debemos callar que las corrientes eléctricas de mayor uso práctico no llevan una dirección continua, sino que los electrones que las forman corren en dos sentidos opuestos variando de dirección a intervalos regulares de tiempo. Es decir: existen co-

**CORRIENTES ESPECIALES:** de los 440 V sin llegar a los 1.000.

Toda corriente que exceda de los 1.000 V será considerada como una corriente de alta tensión.

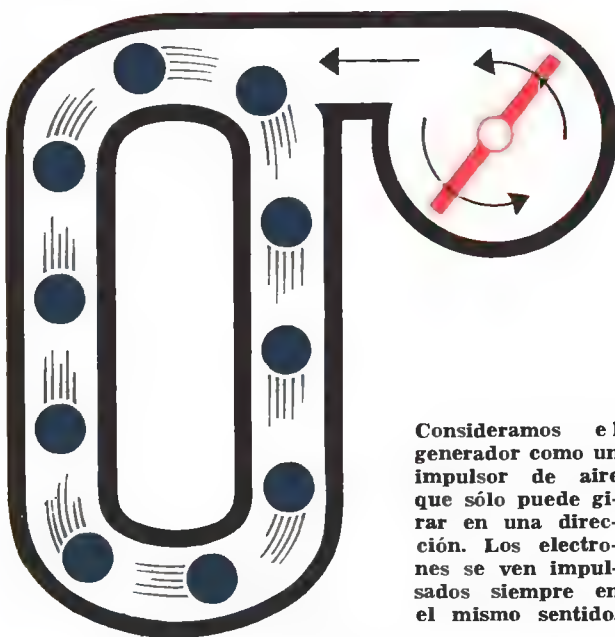
rrientes que varían de dirección un número determinado de veces en cada unidad de tiempo.

*La corriente eléctrica cuya dirección es siempre constante recibe el nombre de CORRIENTE CONTINUA.*

*La corriente eléctrica cuyo sentido varía de forma constante en cada periodo de tiempo considerado recibe el nombre de CORRIENTE ALTERNA.*

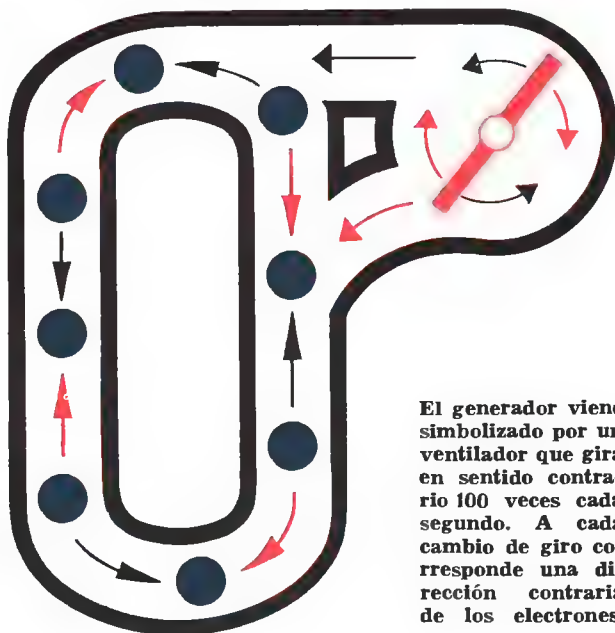
Las corrientes alternas más usuales tienen unos cincuenta periodos por segundo. Es decir: en cada segundo se producen cien cambios de dirección de los electrones.

### CORRIENTE CONTINUA



Consideramos el generador como un impulsor de aire que sólo puede girar en una dirección. Los electrones se ven impulsados siempre en el mismo sentido.

### CORRIENTE ALTERNA



El generador viene simbolizado por un ventilador que gira en sentido contrario 100 veces cada segundo. A cada cambio de giro corresponde una dirección contraria de los electrones.

Estos son dos símbolos para explicar la diferencia fundamental entre una corriente continua y una corriente alterna.

De ahora en adelante estudiaremos suponiendo siempre una corriente continua. Las particularidades de la corriente alterna las estudiaremos más adelante.

Sepa, finalmente que la corriente continua viene generalmente simbolizada, por el símbolo = ó

las iniciales c. c., y que la corriente alterna la simboliza este signo  $\sim$  ó por c.a.

Así, por ejemplo:

Tensión 110 V = se lee 110 voltios corriente continua.

Tensión 380 V  $\sim$  se lee 380 voltios corriente alterna.

Vamos a proponerle una serie de experimentos para que pueda percatarse de una manera palpable de que la corriente eléctrica, efectivamente, produce unos efectos determinados. Se trata de que, con medios caseros, sin ninguna complicación técnica, pueda demostrarse y demostrar a los demás que la corriente eléctrica circula en una dirección; que esta misma corriente es capaz de producir calor, luz, fuerzas magnéticas, movimiento y una

acción química. Para ello necesita algún material, que iremos citando a medida que aparezca en las explicaciones que siguen. Se trata de material muy sencillo, porque, quede esto muy claro, no tratamos ahora de construir aparatos de valor profesional, con unas características técnicas definidas. Se trata sólo de ilustrarse sobre las materias estudiadas. Importa ahora tener un conocimiento elemental, que ampliaremos más adelante.

## DIRECCION DE LA CORRIENTE ELECTRICA

¿Cómo podemos saber la dirección que sigue la corriente dentro de un circuito?... Conoceremos las causas de esta corriente y por la aparición de una de ellas podemos afirmar que la corriente existe. Pero algunas veces no hay bastante con conocer la existencia, sino que, además, necesitamos conocer el sentido de esta corriente; es decir: necesitamos saber dónde queda el borne positivo y dónde el negativo.

Para ello tenemos un sistema muy sencillo que se funda en un hecho: que una corriente eléctrica desvía la aguja de una brújula. Por lo tanto, necesitamos una brújula, por sencilla que sea. Necesitamos también una pila, un trozo de hilo de cobre esmaltado de un grueso aproximado de unas 6 décimas, un portalámparas y su correspondiente bombilla. La bombilla y el portalámparas, claro, deben ser para una corriente *de pila*. Si enchufa una bombilla de las gordas, no conseguirá que se encienda. El voltaje de la pila es insuficiente.

Las pilas normales llevan indicado el valor de su f.e.m., que acostumbra ser de unos 4'5 V.

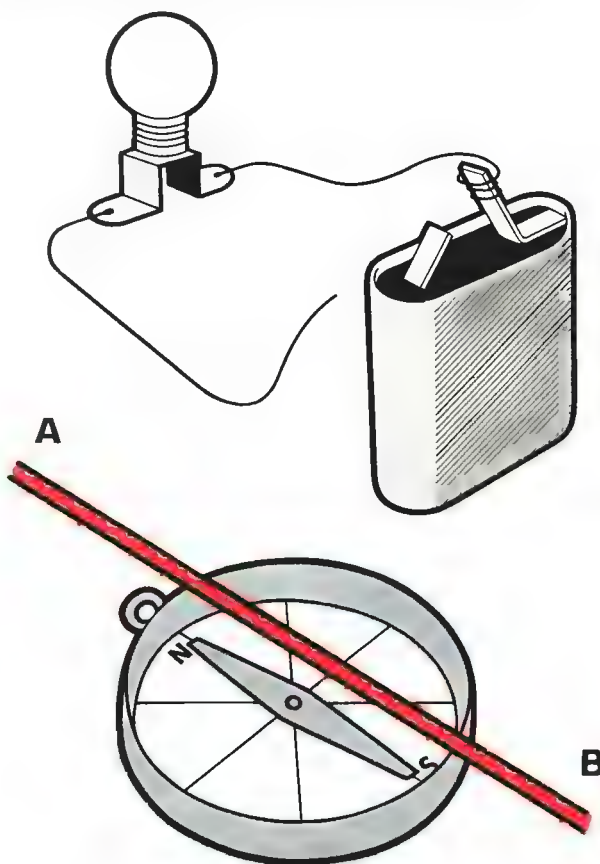
Otra advertencia: cuando se trabaja con hilo de cobre esmaltado, debe tenerse la precaución de pelar los extremos que deben empalmarse. Esta operación tiene por objeto quitar el esmaltado que recubre el metal; esmalte que es aislante.

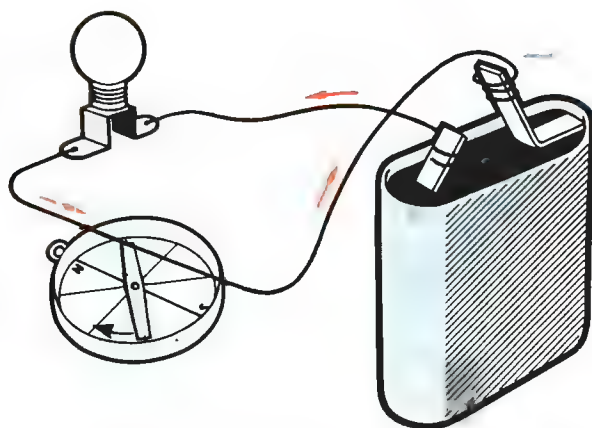
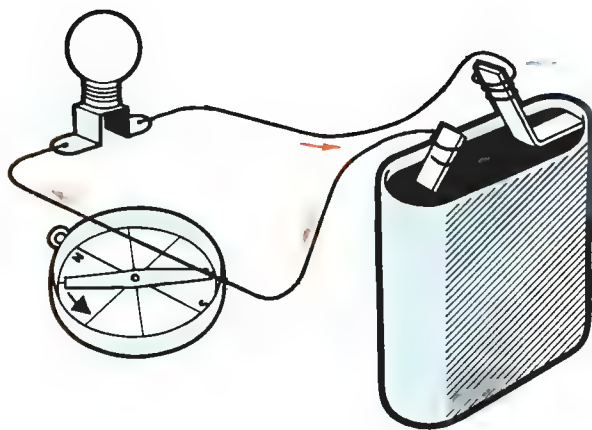
Vayamos a por el experimento:

Conecte una pila y una bombilla tal como puede ver a la derecha.

Tenga la precaución de dejar un tramo de hilo, A B, lo más recto posible.

Debajo de este tramo debe situar la brújula de manera que, señalando al Norte, la aguja quede paralela al tramo A B del hilo conductor.





**Al cerrar el circuito la aguja de la brújula sufre una desviación hacia la derecha o hacia la izquierda según sea el sentido de la corriente.**

Conecte el cabo suelto y observará que la aguja de la brújula sufre una ligera desviación hacia la derecha o hacia la izquierda.

Supongamos que la desviación ha sido a la derecha. Si invierte las conexiones de la pila verá cómo la desviación se produce en sentido inverso al anterior. ¿Por qué?... La razón sólo es una: ha invertido el sentido de la corriente, puesto que ha invertido los dos polos de la pila. El cabo que estaba conectado primero al polo positivo, está conectado ahora al polo negativo. Vea, pues, cómo la dirección de la corriente ha determinado una desviación y otra en la aguja de la brújula.

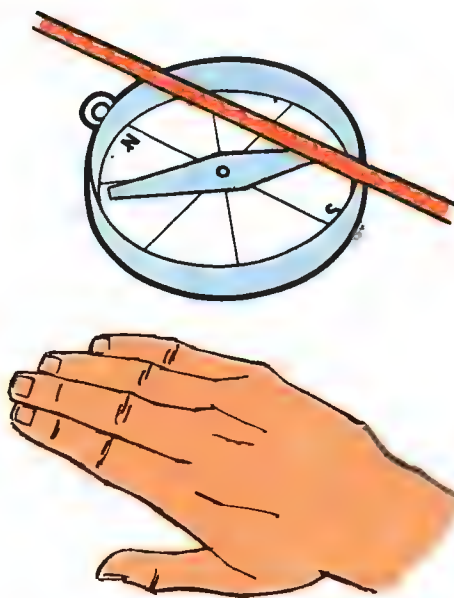
Si al efectuar las conexiones no hubiese ninguna desviación, sería señal de que tampoco hay corriente. Claro que, en este caso, la bombilla permanecería apagada... Pero citamos esta circunstancia, porque no siempre tendremos la referencia de una bombilla para saber si por un conductor circula o no una corriente.

Si repetimos el experimento, pero con dos bombillas, observará que la desviación de la aguja es mayor. Para encender dos bombillas necesitamos una mayor intensidad y este aumento ha sido apreciado por la brújula.

En cierto modo, la brújula puede considerarse un rudimentario amperímetro, puesto que a mayor desviación corresponde una mayor intensidad. Claro que se trata de un amperímetro tan rudimentario que no puede tomarse en serio. Sin embargo, sepa desde ahora que los amperímetros de verdad se fundamentan en un fenómeno similar al que acabamos de ver.

Y con todo eso ¿cómo sabemos la dirección de la corriente?...

Si trabajamos con un generador de polaridad conocida (queremos significar que sabemos cuál es el borne + y cuál el borne -), afirmamos categóricamente que la corriente circula del borne positivo al negativo. Pero también podemos encontrarnos con un generador cuya polaridad desconozcamos, o con un circuito en el cual no está incluido el generador. En estos casos, siempre que necesitemos conocer la dirección de la corriente, haremos lo que sigue:



**Situaremos una brújula debajo del conductor, con lo cual se producirá la natural desviación de la aguja. A continuación extenderemos la mano derecha separando el dedo pulgar.**

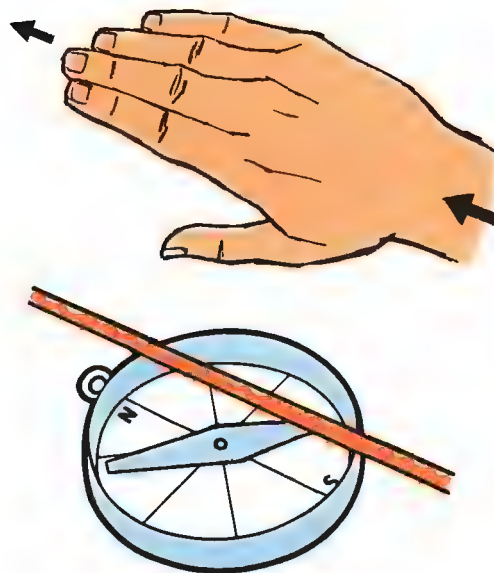


Finalmente la colocaremos sobre la brújula de tal forma que el dedo pulgar esté del lado hacia el que la aguja se ha desviado.

Podemos afirmar: *La corriente sigue el sentido que marcan los dedos.* Es decir: podemos suponer que la corriente entra por la muñeca y sale por los dedos.

Sabiendo el sentido de la corriente, también sabrá en qué dirección se encuentra el polo positivo y en cuál el polo negativo.

NOTA. — Recuerde que estamos trabajando con una corriente continua y que, mientras no se diga lo contrario, todas las experiencias que realicemos serán para corrientes continuas.



## EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

### I. Caloríficos

Empezamos por los efectos caloríficos, porque todo el mundo ha visto una bombilla encendida, ¿verdad?... Encender una bombilla es la demostración palpable de que una corriente eléctrica produce efectos lumínicos y, por tanto, no vale la pena insistir en ello.

Para demostrar que la corriente produce calor prepare, con un hilo de cobre y la ayuda de un

tubo de cartón, una pequeña bobina de unas cuatro o cinco espiras con un diámetro aproximado de tres centímetros.

Lista la bobina, conecte sus extremos a una pila y al poco rato observará que la bobina se ha calentado considerablemente.

No repita muchas veces este mismo experimento, porque agotará la pila con mucha rapidez.



Haga una bobina y conéctela a una pila. Observará que se calienta.



## II. Magnéticos

Al hablar de efectos magnéticos nos referimos a los efectos propios de un imán. Por lo tanto, nada mejor para demostrar que la corriente eléctrica puede producir las mismas atracciones que un imán natural que intentar convertir un pedazo cualquiera de hierro en uno de estos hierros que atraen objetos también de hierro.

Nuestro pedazo de hierro será un clavo cualquiera. Tome uno que tenga unos seis centímetros de largo.

Tome hilo de cobre esmaltado y arrolle unas sesenta espiras a lo largo del clavo. Quite el es-

malte de los extremos libres del hilo y conéctelos a los bornes de una pila. ¡Acaba de poner en funcionamiento todo un electroimán!

Haga la prueba: acérquelo a un objeto de hierro y notará inmediatamente la fuerza de atracción. Este electroimán será capaz de sostener pequeños clavos.

Una vez desconectado de la pila, verá cómo las cualidades magnéticas siguen manifestándose, aunque en menor cuantía. Es que, con esta operación, hemos imantado el clavo de acero; hemos fabricado un imán.



Necesitamos un clavo de unos 6 cm. A este clavo le arrollamos cosa de 60 espiras de hilo de cobre

Basta conectar los extremos del hilo para que se manifiesten fenómenos magnéticos en el clavo.

## III. Electrodinámicos

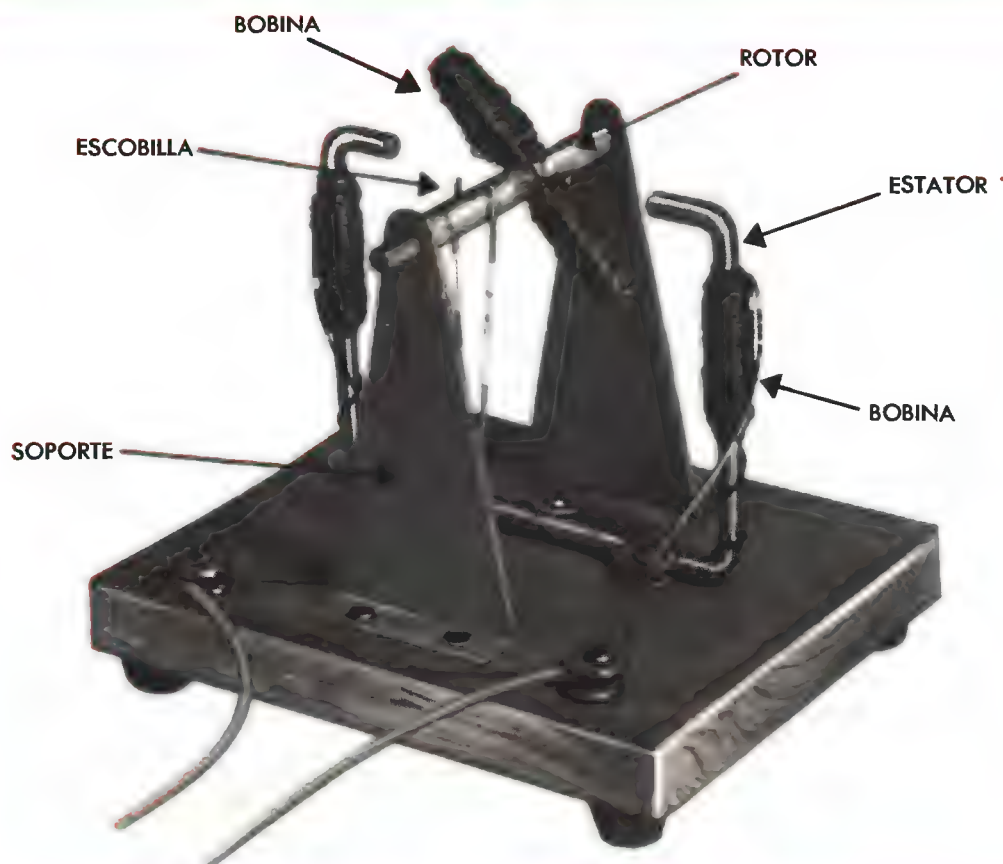
«Efectos electrodinámicos» quiere decir que la corriente eléctrica es capaz de producir movimiento. Se tratará, pues, de demostrar que podemos producir el movimiento de un aparato mediante una corriente eléctrica.

Seguro que esta afirmación le ha sugerido la idea del motor eléctrico. ¡Pues sí! Eso es lo que vamos a hacer: un rudimentario motor eléctrico. Será un motor única y exclusivamente experimental, sin ninguna utilidad práctica. Pero aquí no tratamos de la construcción de motores, sino de

comprobar una de las aplicaciones más importantes de la electricidad.

Esta experiencia es un poco larga, pero de resultados espectaculares. A través de ella aprenderá otra cosa: que la electricidad, por poco bien que se le trate, es muy agradecida. El motor que vamos a construir no tiene nada de exacto y sin embargo ¡funciona!

Haremos la explicación de esta práctica partiendo del prototipo que puede ver fotografiado en la página siguiente; pero debemos advertir-



le, para su tranquilidad, que las pequeñas variaciones en las medidas que puedan surgir al emplear usted un material distinto no influirán para nada en el resultado final que se pretende: que el motor gire.

Empiece por preparar un tablero de madera, cuyas medidas aproximadas sean de unos 10 o 12 cm, donde montar las demás piezas del aparato.

Para entendernos mejor, nombraremos las distintas piezas según el nombre indicado en la fotografía de referencia.

### El estator

Debe construirlo con un alambre de *hierro*, doblándolo como indica la plantilla de la pág. 76. Procure ajustarse al máximo a las medidas indicadas a fin de que no tenga necesidad de preocuparse para ajustar el aparato. No se preocupe si debe trabajar con un alambre más delgado; ya hemos dicho que las pequeñas variaciones no influirán en el resultado.

### Los soportes

Son dos planchas de hojalata cortadas a la forma y medidas indicadas en la página 76. Interesa que el agujero superior quede correctamente centrado al eje del triángulo. Debe tener un diámetro ligeramente superior al del eje.

Necesita dos piezas iguales.

### El eje del rotor

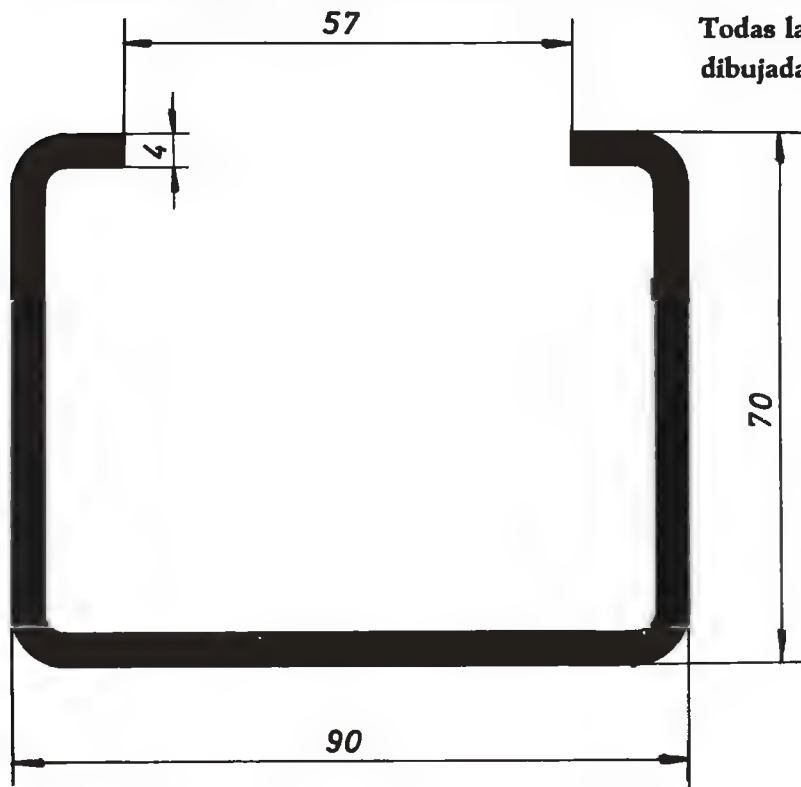
Para eje del rotor puede servirle un trozo de ocho centímetros del mismo alambre que haya empleado para hacerse el estator. Procure que el alambre empleado sea lo más recto posible.

### Las palas del rotor

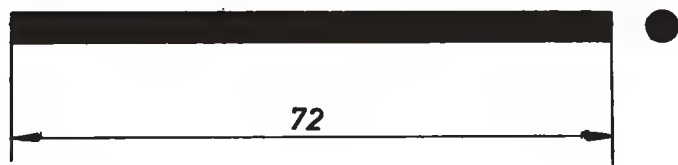
Debe cortar dos laminas de hojalata siguiendo la plantilla de la página 76. Observe que en su punto medio se ha practicado una especie de puente cuya curva debe ajustar en lo posible a la curvatura del eje. Son dos piezas iguales las que necesita.

## PLANTILLAS DE LAS PIEZAS DEL MOTOR EXPERIMENTAL

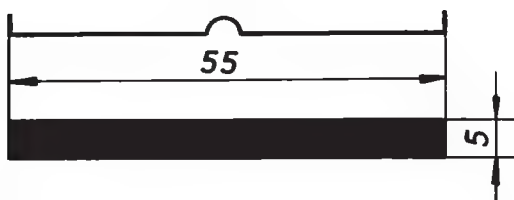
Todas las plantillas han sido  
dibujadas a tamaño natural



**PLANTILLA PARA EL ESTATOR.** Alambre de hierro dulce de un diámetro aproximado de 4 mm.



**EJE DEL ROTOR.** Unos 80 mm. del mismo alambre del estator.

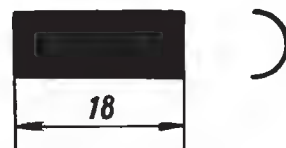


**PALA DEL ROTOR.** Damos una vista superior y una vista frontal para que se aprecie el puente central y los dos dobleces extremos.



**SOPORTE.** Cortado de hojalata. Doble en ángulo recto la pestaña inferior.

**ESCOBILLA.** No damos plantilla, sino una demostración de su longitud y del anillo practicado en su base, por el que se pasará el clavo o tornillo que va sujeto a la base de madera. Dos piezas iguales.



**DELGA.** Damos una idea de su tamaño y curvatura, que deberá adaptar al diámetro del eje que emplee.

## Las delgas

Son dos pequeñas láminas de cualquier metal, que puede ser la misma hojalata que ha empleado hasta ahora o dos laminillas cortadas con tijera de un portalámparas viejo. En la página 76 tiene la plantilla para cortar estas dos nuevas piezas, a las que deberá dar la misma curvatura que tiene el eje.

## Las escobillas

Son dos alambres de cobre cortados y curvados a la medida y forma que se indica en la página anterior.

Ahora que ya tenemos las piezas, veamos cómo debemos montar nuestro aparato. Para ello necesitamos unos 10 metros de hilo de cobre cuyo diámetro sea aproximadamente de unas 3 décimas de milímetro. Se entiende que debe ser hilo barnizado.

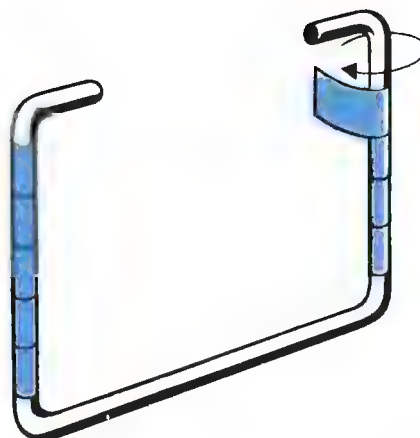
## COMO BOBINAR EL ESTATOR

Tome papel engomado y envuelva las dos partes verticales del estator. En cada una de ellas debe bobinar unas doscientas espiras del hilo de cobre, pero siguiendo al pie de la letra lo que sigue:

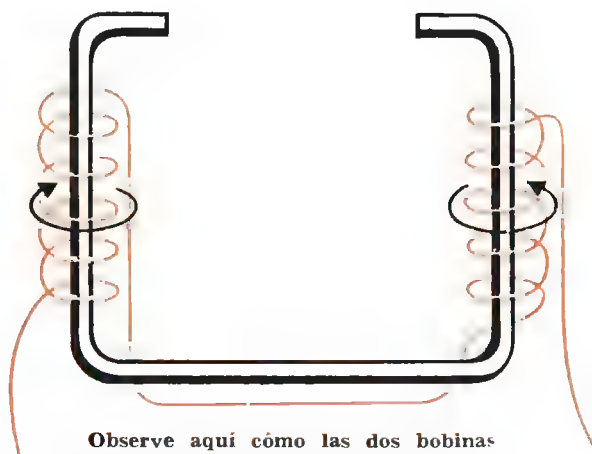
Es imprescindible que si ha devanado de derecha a izquierda la primera bobina, la otra bobina la devane de izquierda a derecha. Es decir: *las espiras de ambas bobinas deben seguir direcciones opuestas*. De otra forma no piense obtener el éxito que desea. En la figura de la derecha tiene una demostración gráfica de cómo debe proceder al efectuar el enrollado.

En la fotografía del pie observará que ambas bobinas están devanadas sin cortar el hilo para nada y que al principio de una de ellas y el final de la otra se prolongan por unos 10 cm de hilo libre.

Una vez bobinado, el estator ofrece este aspecto. Es importante tener bien presente que el hilo no debe ser cortado al devanar las bobinas, sino después, dejando entonces unas «colas» de unos 10 cm. Recuerde, asimismo, que el bobinado se debe efectuar en sentido opuesto en cada bobina.



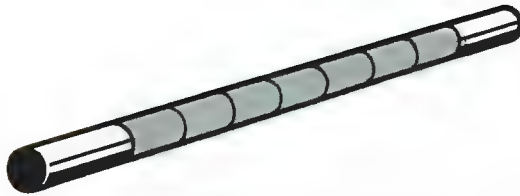
Con papel engomado envuelva las partes perpendiculares del estator.



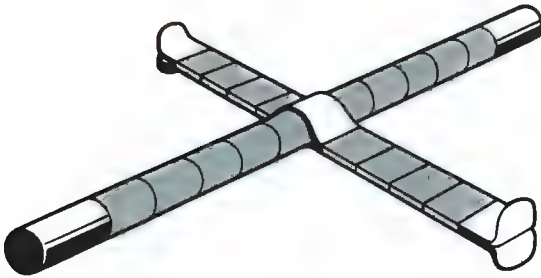
Observe aquí cómo las dos bobinas están arrolladas en sentido contrario.



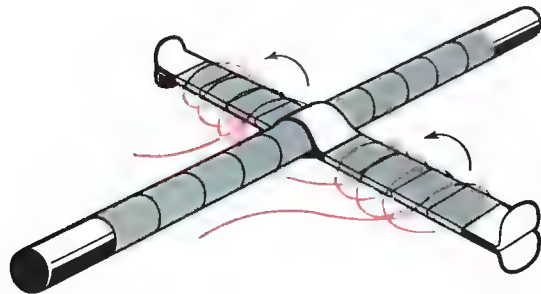




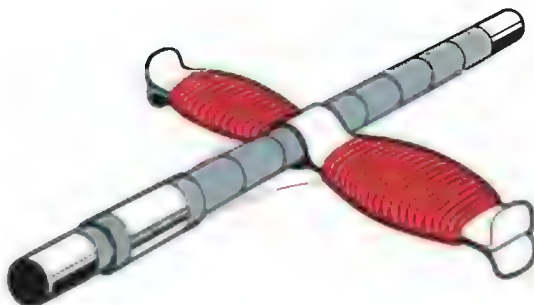
Empiece por arrollar el eje con papel engomado. Deje en los extremos unos 7 mm libres.



Fije después las palas del rotor usando también papel engomado.



Las dos bobinas del rotor se bobinan en el mismo sentido.



Rotor montado.

## MONTAJE DEL ROTOR

Tome el eje y envuélvalo con papel engomado excepto en sus extremos, que dejará sin papel. Tome las palas del rotor y fíjelas en el centro aproximado del eje empleando para ello pequeñas tiras del mismo papel engomado. Una vez efectuada esta operación debe tener el rotor en esta fase de su fabricación.

## BOBINADO DEL ROTOR

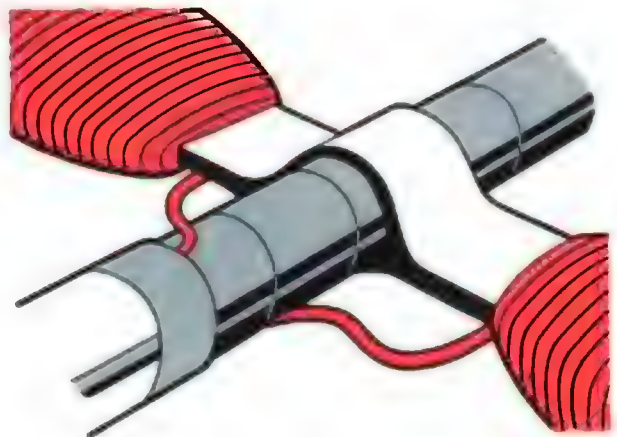
Con hilo de cobre igual que el que haya empleado para bobinar el estator, haga una bobina de 100 espiras en una de las dos mitades de las palas del rotor; y a continuación, sin cortar el hilo, otra bobina igual en la otra pala. *La dirección de las espiras debe ser la misma en ambas mitades del rotor.*

El principio de la primera bobina y el final de la segunda serán dos cabos de hilo de unos 3 ó 4 cm, que deberá desbarnizar rascándolos convenientemente.

## COMO SITUAR LAS DELGAS

Así las cosas, colocaremos las dos delgas de forma que cada una de ellas haga contacto con uno de los extremos de la bobina de rotor. El sistema más práctico es introducir cada uno de estos extremos entre una delga y el eje. Vea la figura del margen.

Es muy importante que ambas delgas no estén en contacto; para sujetarlas, nada más práctico y económico que seguir con el sistema de las tiritas de papel engomado.



En este gráfico se demuestra cómo los terminales de las bobinas del rotor se introducen entre las delgas y la envoltura del eje.

## MONTAJE DEL CONJUNTO

Ahora ya puede montar el conjunto de piezas. Me parece que consultando la fotografía sobran explicaciones. Puede sujetar las piezas sobre la madera por el sistema que a usted le parezca mejor. Nosotros hemos optado por hacerlo mediante clavos aislantes.

Debe sujetar a la madera las dos escobillas de modo que sus extremos superiores queden en contacto con las delgas del rotor, pero sin ejercer sobre ellas una presión excesiva que representaría un freno para la rotación del mismo.

## LAS CONEXIONES

Es muy importante que no se equivoque en esta operación. Por lo tanto, ¡mucha atención!

Coloque sobre la madera los clavos A y B (figura del pie).

Empalme alrededor del clavo B el extremo libre más cercano de la bobina del estator, después, claro está, de haber desprovisto de barniz a dicho extremo del hilo.

Conecte el pie de la escobilla 1 el extremo de la otra bobina del estator.

Por último, establezca una conexión desde la escobilla 2 al clavo A.

¡Listos! El clavo A y el clavo B son las dos entradas de corriente, a las que conectaremos mediante unos hilos cualesquiera los dos bornes de una pila; uno en cada borne, claro. Hágalo, y o



estaremos muy equivocados o el rotor de su improvisado motor eléctrico empezará a dar vueltas sobre sí mismo. Si hace el remolón dele un empujoncito; y si aun con esta ayuda sigue sin funcionar vea si las escobillas hacen contacto con las delgas y repase todos los puntos de roce. Piense que se trata de un motor experimental cuya fuerza es insignificante y que, por lo mismo, cualquier rozamiento excesivo es suficiente para frenarlo.

¡Pero ya verá cómo no surgen inconvenientes y tiene la satisfacción de comprobar que su primer motor funciona con pleno éxito!

*Para evitar al máximo los roces entre el eje y los soportes, es aconsejable lubricar los extremos del eje. Con un palillo untado de aceite proceda a situar una sola gota sobre cada zona de fricción.*

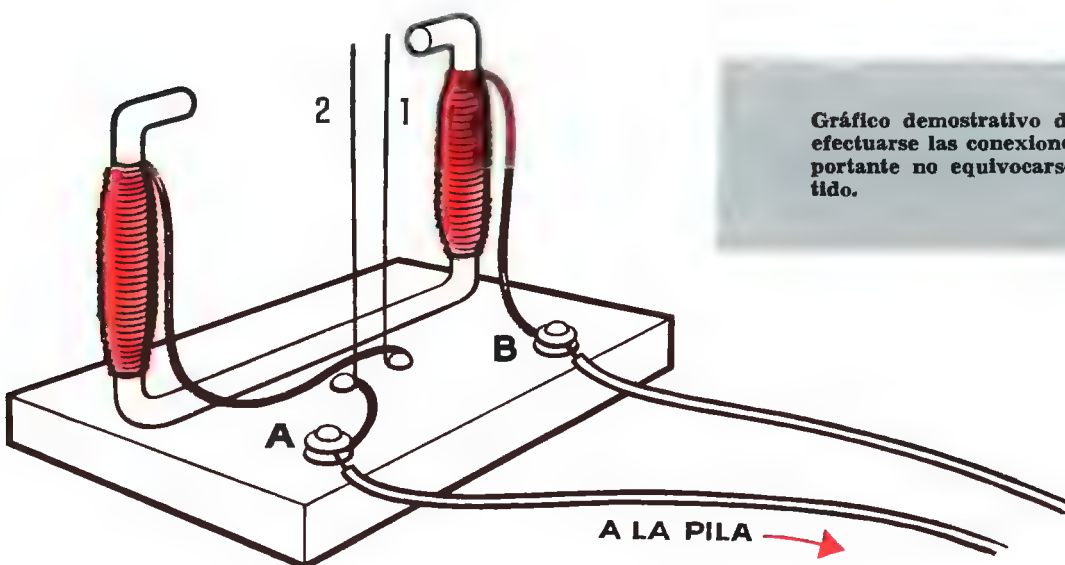


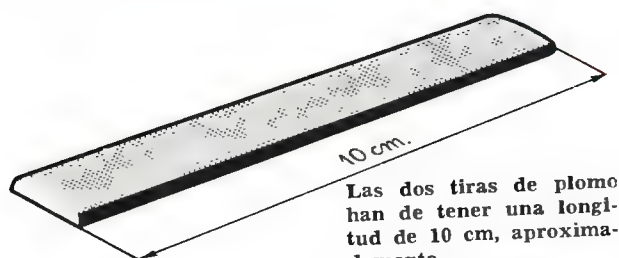
Gráfico demostrativo de cómo deben efectuarse las conexiones. Es muy importante no equivocarse en este sentido.

## EFFECTOS QUIMICOS

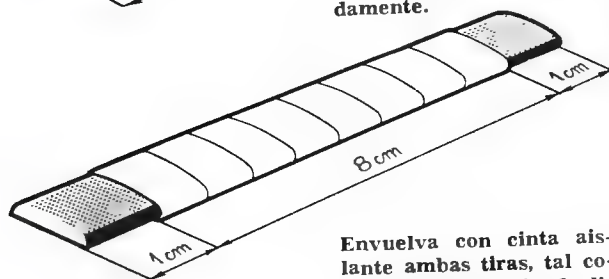


Este es el material necesario:

1. — Un vaso normal.
2. — Un trozo (10 cm) de tubo de plomo.
3. — Dos tubos de cristal.
4. — Un poco de sal.



Las dos tiras de plomo han de tener una longitud de 10 cm, aproximadamente.



Envuelva con cinta aislante ambas tiras, tal como se indica, dejando libres los extremos.



Doble los extremos como muestra la figura.

En la primera lección se dijo que el agua era un compuesto de dos gases: hidrógeno y oxígeno. Recordará que una molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Por tanto, si por algún sistema conseguimos descomponer el agua, forzosamente deberemos conseguir dos volúmenes de hidrógeno por cada volumen de oxígeno conseguido... puesto que por cada átomo de oxígeno tenemos dos de hidrógeno.

¿Cómo descomponer el agua?... Una corriente eléctrica es capaz de hacerlo; y vamos a comprobarlo inmediatamente.

Para ello dispondremos de un aparato llamado voltámetro con el cual conseguiremos la ELECTROLISIS DEL AGUA. La palabra *electrolisis* está compuesta por el vocablo *lisis*, que en griego significa disociar, separar, romper..., y por el prefijo *electro*, que, naturalmente, indica que se trata de un proceso de lisis provocado por la electricidad.

Necesitamos: un vaso normal, un trozo de tubería de plomo, dos tubos de vidrio cualesquiera, hilo conductor, una pila... y un poco de sal de cocina.

Empiece por cortar del tubo de plomo dos tiras de dicho metal, de una longitud de unos 10 cm aproximadamente.

Envuelva estas tiras de metal con cinta aislante dejando los extremos al descubierto.

Dóblelas en la forma que indica la figura del pie.

Tenga en cuenta que hemos dado medidas aproximadas, siendo la razón de esta aproximación que tanto la longitud como la anchura dependen del vaso que emplee (la longitud) y del diámetro de los dos tubos de cristal que usted encuentre a mano (la anchura).

Sujete dos hilos de cobre a un extremo de las láminas de plomo e introdúzcalas en el vaso, de forma que queden apoyadas en su borde. Llene el vaso de agua.

Llene asimismo los dos tubos y, tapando su abertura con un dedo, introdúzcalos dentro del vaso, para que queden situados como muestra la figura de la página siguiente.

Mezcle un poco de sal al agua del vaso y conecte los dos bordes de una pila, uno en cada terminal de los dos hilos de cobre conectados con las dos piezas metálicas de nuestro voltámetro.

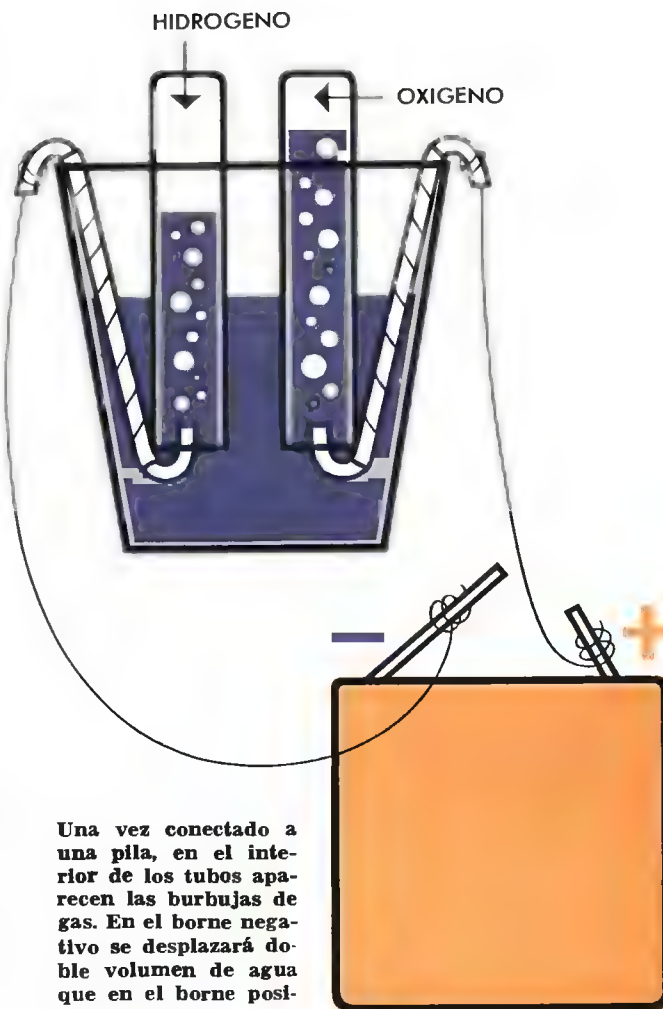
Espera unos minutos y observará cómo de la conexión al borne negativo se desprenden gran cantidad de burbujas que, ascendiendo por el tubo, desplazan el agua por la parte superior. El tubo perteneciente al borne + de la pila también se vacía por arriba, pero más lentamente.

La parte *vacía* del tubo conectado al borne — sólo está vacía en apariencia, puesto que en realidad contiene hidrógeno. La parte superior del tubo conectado al borne + queda llena de oxígeno; comprobándose que, en efecto, la cantidad de hidrógeno es doble que la de oxígeno, de acuerdo con la proporción establecida para la molécula de agua: dos partes de hidrógeno por una de oxígeno.

Si quiere percatarse de que, en efecto, tenemos hidrógeno y oxígeno, haga lo siguiente:

Saque el tubo del hidrógeno sin volverlo boca arriba; encienda una cerilla y acérquela a la boca del tubo, que pondrá ahora en posición casi horizontal. Oirá una detonación, ya que el hidrógeno, al combinarse con el aire, produce lo que los químicos conocen con el nombre de mezcla detonante.

Para comprobar que es oxígeno lo que hay en el otro tubo, sáquelo del agua tapando la boca del mismo; póngalo boca arriba y saque el dedo; introduzca en él un palillo encendido, pero sin llama; es decir; un palillo con sólo una punta en brasa. Observará que al introducirlo en el tubo inmediatamente surge la llama, puesto que el oxígeno activa la combustión.



Una vez conectado a una pila, en el interior de los tubos aparecen las burbujas de gas. En el borne negativo se desplazará doble volumen de agua que en el borne positivo.



## INSTALACIONES DOMESTICAS

**Interruptores-conmutadores-pulsadores  
tomacorrientes-fusibles-portalámparas**

Vista la idea general de lo que es una instalación y una vez iniciado el tema de su representación esquemática, empezaremos el estudio de las instalaciones domésticas. Es decir: nos capacitaremos para dirigir y controlar la corriente eléctrica dentro de los ámbitos de una mansión familiar. Poner la electricidad al servicio de la familia y de la casa; eso es lo que hace el instalador cuando trabaja en una instalación de tipo doméstico.

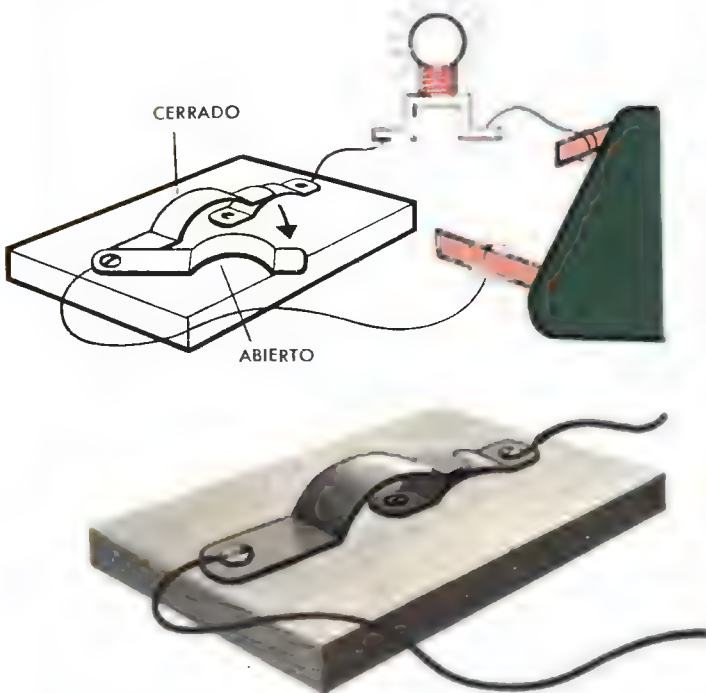
Dirigir y controlar: he ahí dos infinitivos que resumen toda la técnica de las instalaciones eléctricas. Dirigir para que la corriente llegue a los puntos más convenientes de la casa. Controlar para que esta misma corriente llegue a los puntos deseados cuando sea necesario y sólo entonces; para que dejando de aparecer en un punto se desvíe de ruta y afecte otro punto; control también para evitar que la electricidad se desmande poniendo en peligro la integridad de la casa a la que debe servir...

Dirigir la electricidad no es otra cosa que montar un circuito; proporcionar un camino a la corriente; facilitarle el conductor que la llevará a los puntos necesarios. El estudio de los conductores eléctricos es una parte interesantísima dentro del estudio de las instalaciones y lo emprenderemos a su debido tiempo. En líneas generales, todos sabemos lo que es un conductor: un hilo o cable debidamente aislado por el que circula la corriente eléctrica. Si no situamos intercalados en un conductor los aparatos necesarios, la corriente circulará ininterrumpidamente, cosa que representará un gasto innecesario. Instalar una bombilla, por ejemplo, sin la posibilidad de encenderla y apagarla a placer, es un absurdo total. Respondiendo a esta necesidad, han aparecido unos aparatos cuya misión es interrumpir el paso de la corriente; aparatos destinados a abrir y cerrar circuitos. Son los...

## INTERRUPTORES

UN INTERRUPTOR ES EL APARATO CAPAZ DE ABRIR O CERRAR UN CIRCUITO ELÉCTRICO

Un interruptor, en síntesis, no es otra cosa que una pieza de material conductor que, accionada por determinado mecanismo, puede separarse o ponerse en contacto con un borne del que arranca la continuación del conductor, interrumpido precisamente en la pieza móvil.



**Sencilísimo interruptor de piezas de hojalata para corrientes de muy baja tensión, que usted mismo puede construirse.**

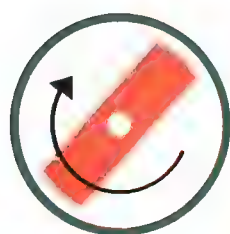
## DISTINTOS TIPOS DE INTERRUPTORES

Las características técnicas de los interruptores pueden considerarse invariables: dos bornes en los que empalmar los extremos del circuito interrumpido y una pieza móvil que establece el contacto entre ambos bornes cuando necesitamos que la corriente circule, o que la interrumpa cuando la necesidad es contraria al paso de la corriente.

Los distintos tipos de interruptores surgen al considerar los diferentes sistemas ideados para el

establecimiento del contacto entre los bornes. Cada empresa constructora tiene sus detalles característicos, sus materiales, sus modelos. Resulta imposible clasificar estos aparatos por sus apariencias externas e incluso por sus características mecánicas. Sin embargo, es posible distinguir dos tipos de interruptores, considerando su forma de trabajar.

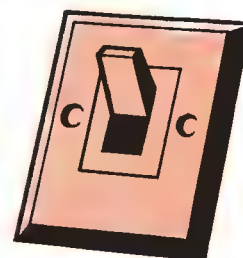
Dividiremos los interruptores en:



ROTATIVOS



OSCILANTES



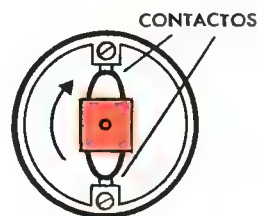
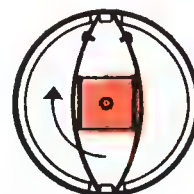
### Interruptores rotativos

Son aquellos que alternan las conexiones y desconexiones mediante el giro de una pieza accesible y perfectamente aislada.

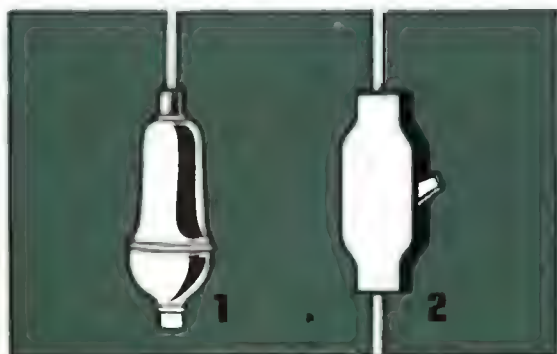
Quizás el más característico sea el interruptor de porcelana, hoy en vías de desaparición, pero que aún presta sus buenos servicios en las instalaciones domésticas que llevan años en servicio. Lo citamos no por su actual importancia, sino por ser el modelo cuya evolución ha dado lugar a múltiples variantes más o menos perfeccionadas.

En estos interruptores rotativos tipo, los contactos están formados por dos láminas de latón montadas sobre un tambor rotativo. Cuando estas láminas quedan en contacto con los bornes de empalme se cierra el circuito.

Las variantes del sistema son muchas; pero entre ellas debemos citar, por lo características, las que se conocen con el nombre de *interruptores al aire*.

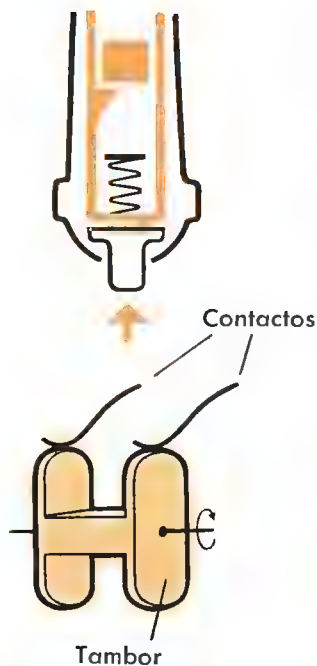


Esquemas del sistema rruptor de dos interruptores rotativos distintos.



Interruptores al aire:

1. — Terminal.
2. — Intermedio.



Esquema del sistema rotativo de los interruptores al aire.

De ellos quizás el más conocido sea el terminal, llamado también de *pera* por su semejanza más o menos remota con este fruto. También abunda mucho el tipo intermedio.

Su mecanismo ruptor consiste, por lo general, en una horquilla a la que se le imprime un movimiento de vaivén mediante un pulsador aislante y un muelle que la restituye a su posición inicial. La horquilla acciona un tambor rotativo que lleva las dos piezas que establecen los contactos.

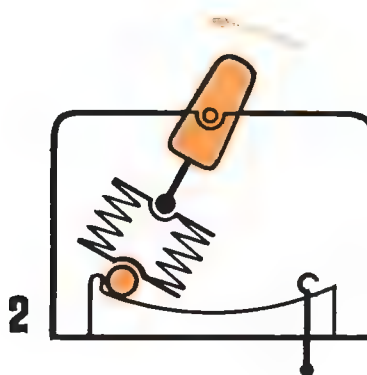
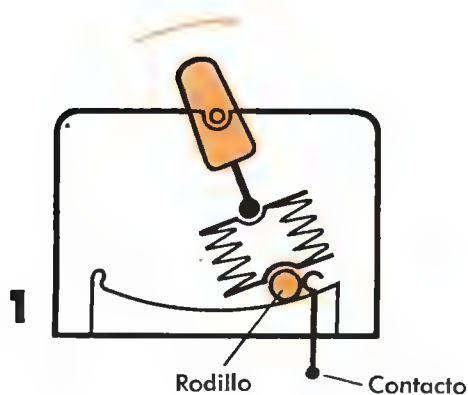
Este tipo de interruptor, aplicado principalmente en dormitorios, cae en desuso debido a la aparición de una variante: el interruptor de pulsador que veremos más adelante.

### Interruptores oscilantes

Este tipo de interruptor tiene dos posiciones concretas: las de conexión y la de desconexión. Dentro de esta familia de interruptores, distinguiremos los de desconexión rápida y los de desconexión lenta.

Los primeros se conocen con el nombre de *interruptores tumbler*, y los segundos como *interruptores de corredera*.

Los interruptores tumbler se caracterizan porque su mecanismo ruptor lleva un rodillo metálico que, deslizándose sobre una corredera, queda o no en contacto con los dos bornes del interruptor.



Representación esquemática de un interruptor Tumbler.

1. — Posición de conexión.
2. — Desconexión.

Los de corredera, más sencillos, constan de una pieza deslizante con dos posiciones extremas. En una de ellas queda en contacto con los dos bornes, en cuyo caso cierra el circuito.



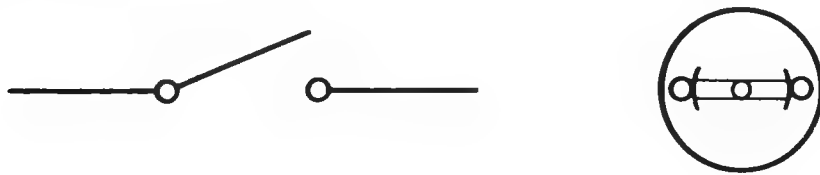
Dentro de los interruptores de desconexión rápida, encontrará muchas variantes en cuanto a su mecanismo. Aparte de los interruptores de rodillo que hemos descrito, existen los de palanca que, accionándola por un sistema de resortes, bascula abriendo y cerrando el circuito.

Los bornes que llevan los interruptores para su conexión al circuito acostumbran a ser de dos tipos distintos. Encontrará los bornes llamados de cola y los llamados de ojal. Al margen demostramos cuál es la forma de cada uno de ellos.

Todos los interruptores llevan una inscripción indicando la tensión e intensidad máxima para que las que la firma constructora asegura el buen funcionamiento del aparato.

## ESQUEMAS EMPLEADOS PARA LA REPRESENTACION GRAFICA DE LOS INTERRUPTORES

Un interruptor se representa mediante dos grafismos distintos, según sea el tipo de esquema en que debemos incluirlos. Los símbolos empleados comúnmente son los siguientes:



El primero de ellos se utiliza para los esquemas de tipo general. Esquemas técnicos en general.

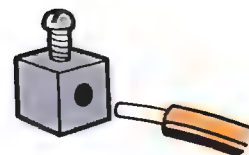
El segundo de los grafismos es el símbolo empleado en esquemas de estudio o de detalle, puesto que se ajusta más a la realidad.

NOTA.—Los interruptores estudiados son interruptores unipolares. Salimos al paso de posibles confusiones que pueden surgir al oír hablar de interruptores bipolares y tripolares. Estudiaremos estos interruptores cuando hagamos referencia a las instalaciones industriales.

## CONMUTADORES

En toda estación de ferrocarril (por lo menos en las que tienen alguna importancia) se han instalado estas plataformas giratorias que, intercaladas a un tramo de vía, pueden dejarlo cortado si por cualquier circunstancia la plataforma experimenta un giro. Una de estas plataformas, cuando gira, interrumpe la continuidad de la vía. Podemos comparar este mecanismo de utilidad ferroviaria a un interruptor de corriente.

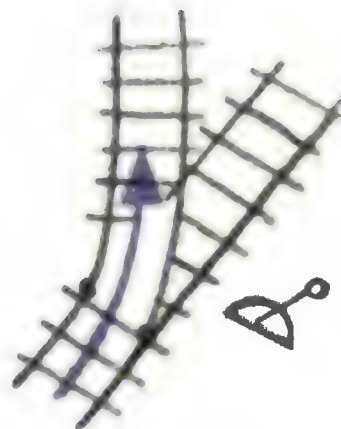
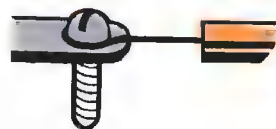
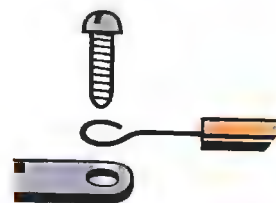
También, en toda estación, existen los llamados desvíos, que no son otra cosa que unos mecanismos que, modificando la posición de un tramo de vía, pueden llevar el convoy en una dirección o en otra, según convenga. Un desvío ferroviario puede simbolizar perfectamente lo que en electricidad es un conmutador.



BORNE DE COLA



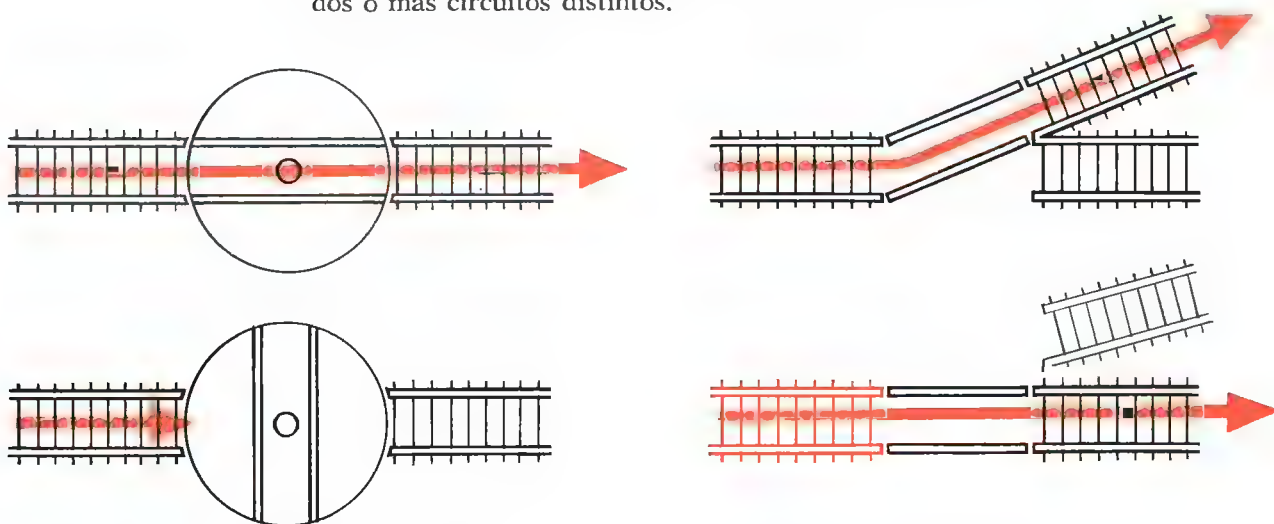
BORNE DE OJAL



Un conmutador es un desvío para la corriente.



Un conmutador, en efecto, no es más que un aparato cuya forma externa en nada difiere de la de un interruptor, pero cuya función no es estrictamente la de interrumpir el paso de la corriente, sino que, de una manera más específica, tiene la función de desviarla, de forma que pueda desviarse por dos o más circuitos distintos.



**Interrumpe el paso del convoy: es un interruptor.**

**Desvía el paso del convoy: es un conmutador.**

## TIPOS DE CONMUTADORES

Estudiaremos los cinco tipos fundamentales, que son los que pueden encontrarse en el mercado sin ninguna dificultad.

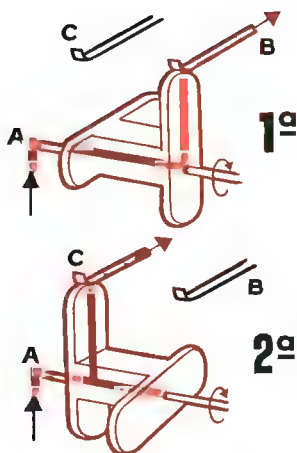
Hay, desde luego, otros tipos; pero son modelos especiales que se fabrican de acuerdo con la función específica que deban cumplir dentro un circuito.

Empecemos el estudio de los cinco tipos de conmutadores que podemos considerar normales:

### Conmutador de dos direcciones

Es el más usual y solicitado por sus múltiples aplicaciones dentro de las instalaciones domésticas. Es imprescindible, por ejemplo, para gobernar una lámpara desde dos, tres o más lugares. Con estos conmutadores, una luz puede encenderse y apagarse desde varios lugares de la casa. Es clásico el caso de la luz de un recibidor que, naturalmente, debe encenderse desde la puerta de entrada del piso para recibir a los posibles visitas, y que es muy importante poder apagar y encender de nuevo desde la habitación que cumple las funciones de sala de estar. Desde esta habitación, más o menos distante, abrimos la luz del recibidor para que el visitante lo encuentre ya iluminado al despedirse de nosotros.

Este conmutador puede ser del tipo rotativo, tumbler o de corredera, y se presenta con el mismo aspecto exterior que los interruptores de la misma

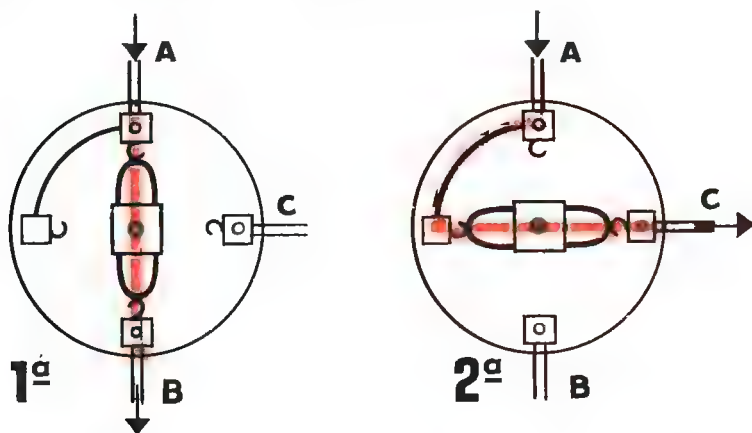


**Esquema del tambor de un conmutador de dos posiciones.**

fábrica. La única diferencia está en el número de bornes. Mientras que el interruptor tiene sólo dos bornes libres, el conmutador tiene tres.

Por medio de gráficos demostramos las dos posiciones del sistema ruptor para las cuales se establecen las dos direcciones distintas de la corriente.

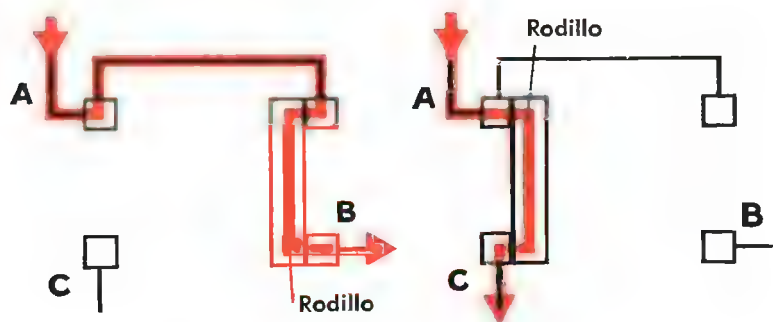
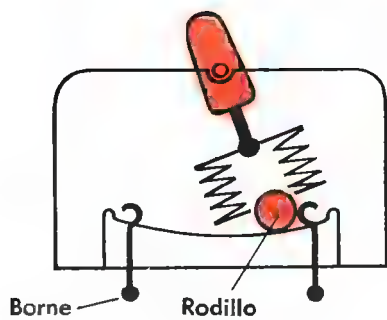
Observe que el camino seguido por la corriente queda indicado por una línea en rojo. Viendo eso, se dará cuenta muy fácilmente del objeto que se persigue con un conmutador: desviar la corriente.



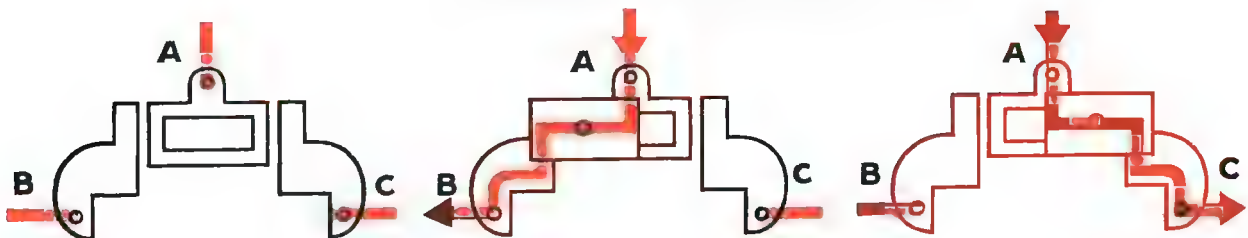
**CONMUTADOR  
ROTATIVO**

**Posición 1.ª** — La corriente  
entra por A y sale por B.  
**Posición 2.ª** — La corriente  
entra por A y sale por C.

**CONMUTADOR TUMBLER**



**CONMUTADOR DE CORREDERA**

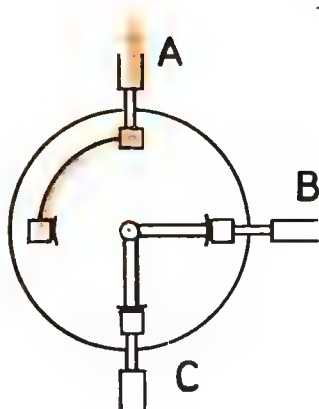


### Conmutador de dos direcciones y punto cero

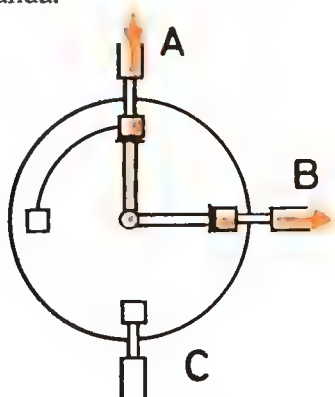
En realidad se trata de un conmutador de tres direcciones, una de las cuales sirve para interrumpir el circuito. Las otras dos posiciones son de desviación. Este tipo de conmutador sólo se fabrica en tipo rotativo. Vea los gráficos correspondientes y se hará cargo de su funcionamiento.

El aparato ruptor es de dos aspas giratorias cuyos extremos establecen

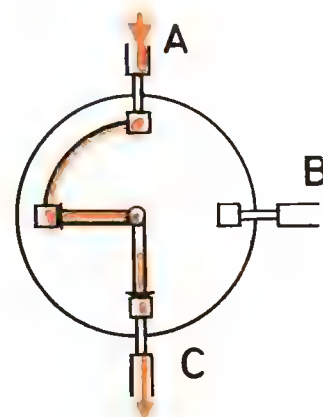
contacto con dos de los cuatro bornes del conmutador. Observe que entre dos de estos bornes hay una conexión fija, que es la que hace posible que las aspas del elemento rotor conduzcan las corriente a uno u otro de los dos bornes de salida.



1.ª Posición: punto ce-ro. Circuito abierto.



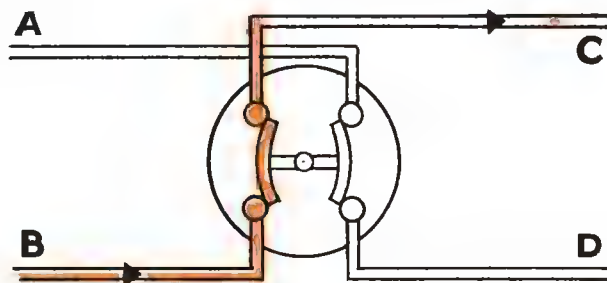
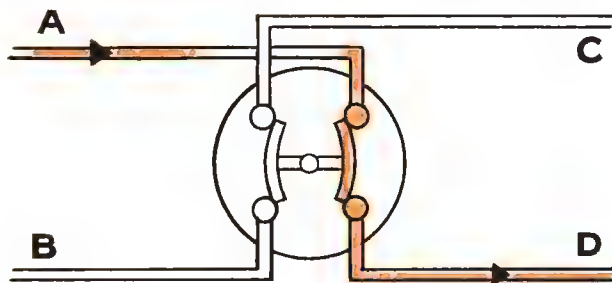
2.ª Posición: Entra por A y sale por B.



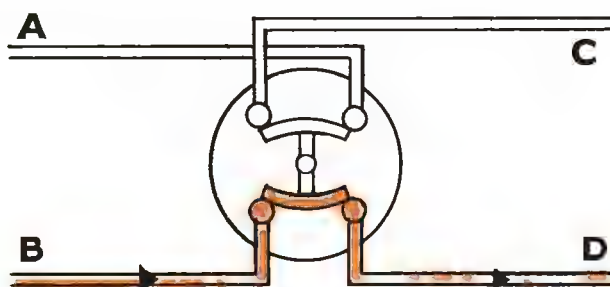
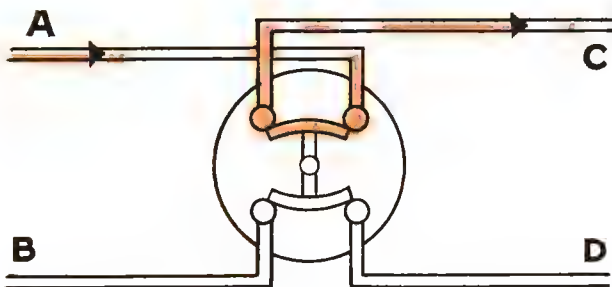
3.ª Posición: Entra por A y sale por C.

### Conmutador de cruzamiento

Este tipo de conmutador se utiliza comúnmente en las instalaciones que gobiernan las luces de una escalera y que deben controlarse desde tres o más sitios.

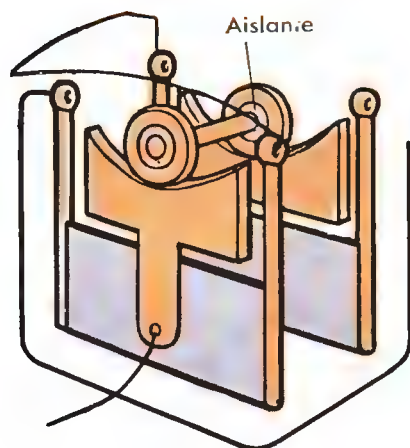


Posición 1.ª: Si entra por A, sale por D. Si entra por B, sale por C.

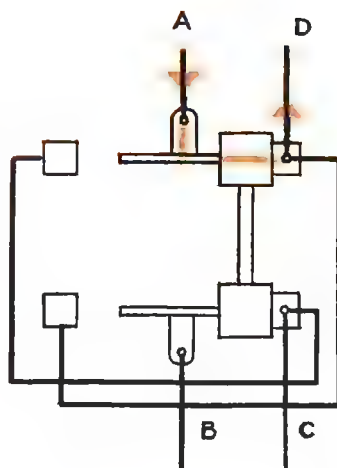


Posición 2.ª: Si entra por A, sale por C. Si entra por B, sale por D.

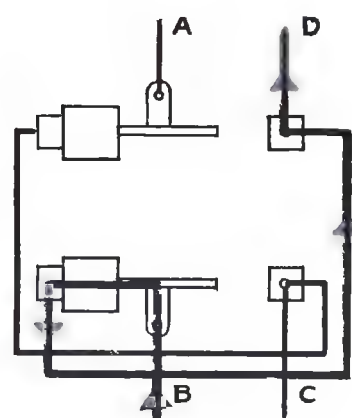
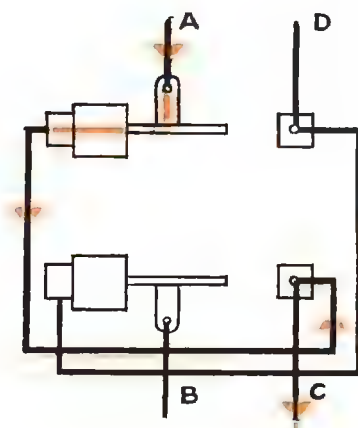
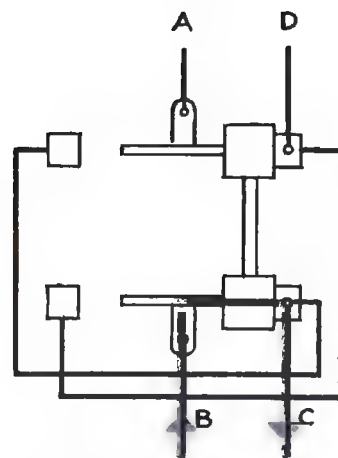
## Conmutador de cruzamiento tipo tumbler



Esquema ilustrativo del conjunto.



Primera posición

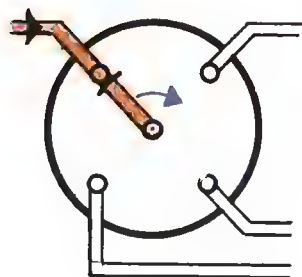


Segunda posición

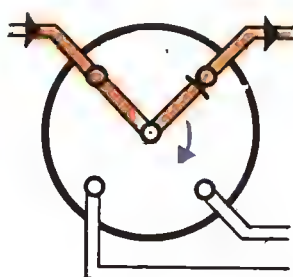
Es un conmutador de dos posiciones cuyo elemento rotor conecta los cuatro bornes dos a dos. Puede ser rotativo o tumbler. No se excluye la posibilidad de su construcción en el tipo corredera, pero no es frecuente encontrarlo de este tipo.

## Conmutador de tres posiciones y punto cero

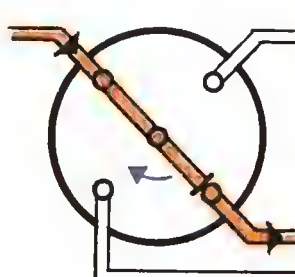
Es un conmutador pensado para que desde un mismo sitio puedan gobernarse indistintamente tres puntos de luz. Se construye del tipo rotativo.



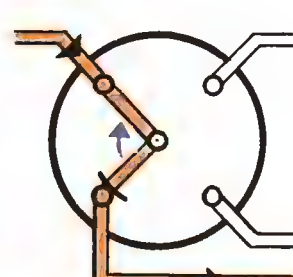
1.ª posición  
CIRCUITO ABIERTO



2.ª



3.ª



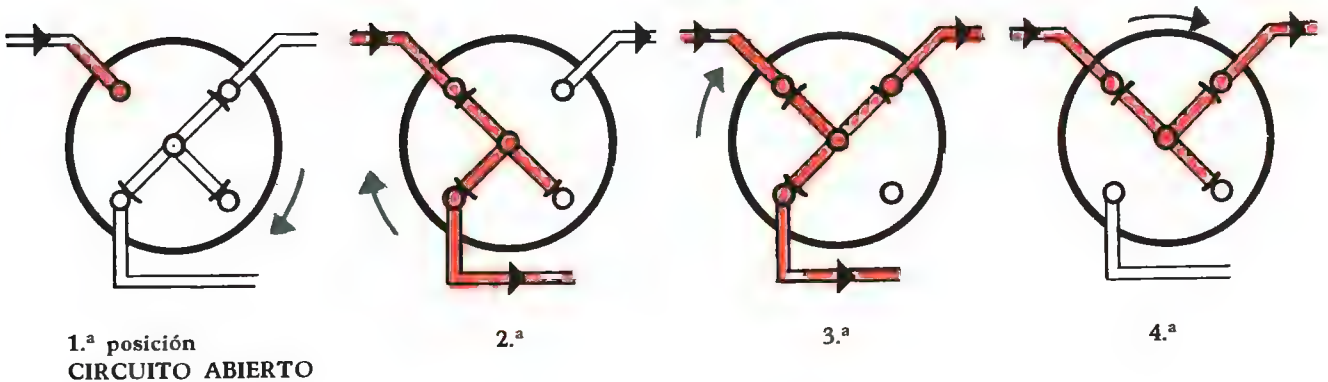
4.ª



## Conmutador de araña

Se llama así, *de araña*, porque se utiliza de forma primordial para el gobierno de lámparas con muchos puntos de luz, de modo que su iluminación no sea total, sino que, por fases, puedan encenderse y apagarse a voluntad. Este conmutador interrumpe la corriente, la desvía a dos circuitos distintos o los mantiene alimentados al mismo tiempo.

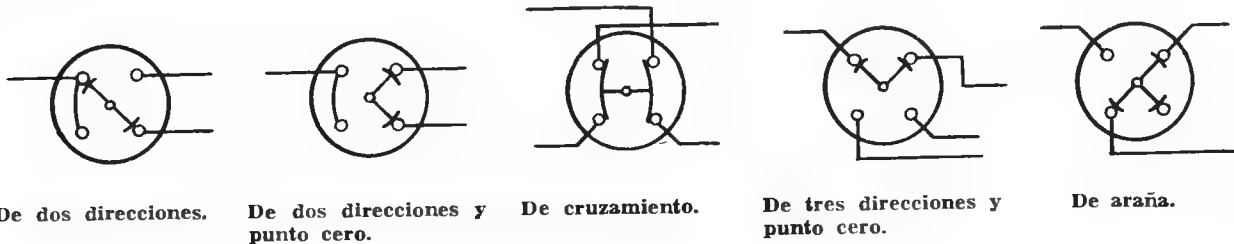
Como en el caso de los interruptores, los conmutadores llevan también la notación de la intensidad y tensión para las que se han fabricado.



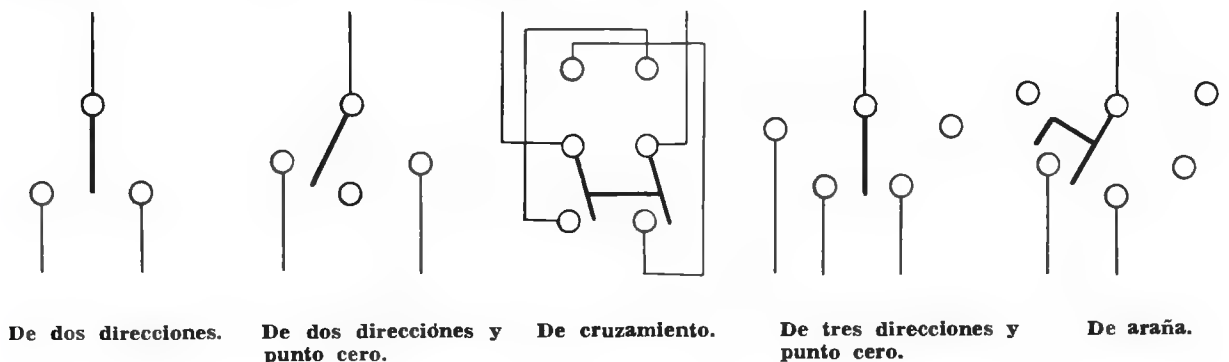
## ESQUEMAS

Para la representación, en los esquemas, de los distintos tipos de conmutador se utilizan los siguientes gráficos:

### PARA ESQUEMAS DE ESTUDIO



### PARA ESQUEMAS TEORICOS EN GENERAL



Este ha sido un estudio general de los principales tipos de conmutador existentes corrientemente en el mercado. Los hemos considerado independientemente del circuito del que pueden formar parte. Cuando nos adentremos en la práctica de las instalaciones domésticas, todo este material que estamos conociendo se nos mostrará en todo su valor práctico. Piense que de momento estamos conociendo las piezas que luego deben permitirnos *montar la máquina*. Un engranaje, por ejemplo, carece de auténtico valor mientras no se le acopla a un conjunto.

Una vez montado, es cuando nos damos perfecta cuenta del porqué de su existencia.

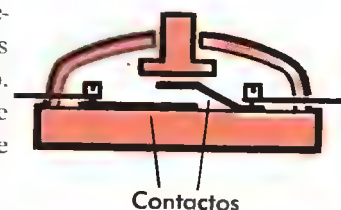
Usted, ahora, tiene una idea general del funcionamiento de un conmutador. Dentro de poco, cuando trabajemos con ellos, cuando procedamos a instalarlos dentro de un circuito más o menos complicado, captará plenamente su valor, su forma de funcionamiento y sus posibilidades técnicas.

## PULSADORES

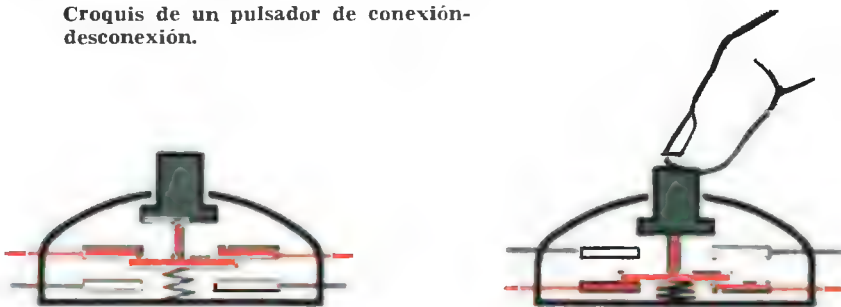
Un pulsador no es más que un interruptor de tipo especial, cuya característica más acusada es la posibilidad de abrir o cerrar un circuito mientras se mantenga una cierta presión sobre la pieza denominada tetón de contacto.

Para accionar un timbre, por ejemplo, se emplea un pulsador. Mientras se aprieta su tetón, se establece contacto entre los dos bornes del pulsador; se cierra el circuito y la corriente llega al timbre.

El fundamento técnico es igual para todos los tipos existentes. Es la forma y el sistema constructivo lo que admite múltiples variantes.



Croquis de un pulsador de conexión-desconexión.

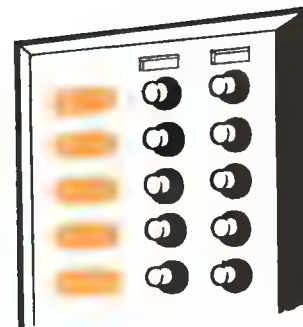
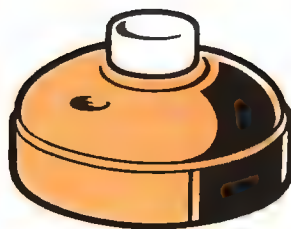


Un tipo especial de pulsador es el llamado de *conexión-desconexión*. Viendo el esquema correspondiente, se comprende que su misión consiste en abrir un circuito y cerrar otro al mismo tiempo. Sin apretar el botón, tenemos un circuito cerrado y otro abierto. En cuando apretamos el botón, cerramos el primero y abrimos el segundo.

## ESQUEMAS

La representación esquemática de los tipos de pulsador que hemos reseñado es muy simple. Véala al margen.





Finalizamos esta revista general mostrando los tres tipos de pulsadores más divulgados: el pulsador de pera, el de pared y un panel con varios pulsadores de los empleados en escaleras y dependencias desde las que interesa controlar varios timbres o señalizadores distintos.

## TOMAS DE CORRIENTE

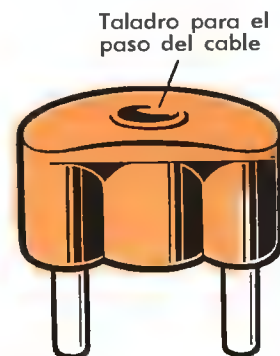
Son aparatos que permiten tener una corriente eléctrica siempre al alcance de la mano. Como su nombre indica, de ellos tomamos la corriente para llevarla al aparato de radio, a la plancha, al hornillo o donde nos haga falta. De un tomacorriente podemos iniciar una prolongación del circuito que en él queda interrumpido.

Son los llamados enchufes, que constan de dos partes esenciales:

La PASE DE ENCHUFE y la CLAVIJA DE ENCHUFE.



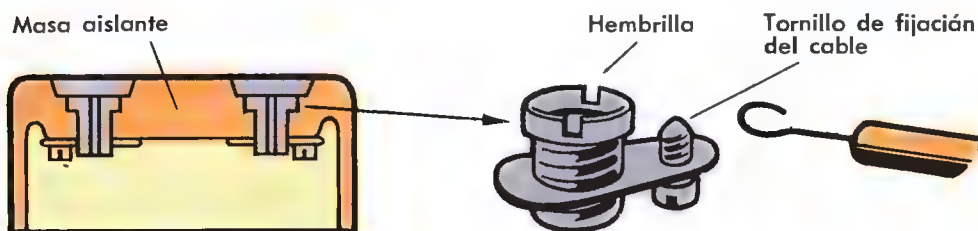
BASE DE ENCHUFE



CLAVIJA DE ENCHUFE

### La base

Consiste en una masa de material aislante en la que se han acoplado dos hembrillas conductoras que, a su vez, llevan un terminal que permite conectarlas a la corriente.



## Tipos de bases de enchufes

La principal variación la encontramos en su forma externa, tendiente siempre a satisfacer la tendencia estética del momento. La estructura interna es prácticamente invariable.

Refiriéndonos siempre a instalaciones domésticas, podemos señalar dos tipos distintos si las catalogamos según la separación entre los ejes geométricos de sus hembrillas. De acuerdo con esta característica las bases de enchufe son:

Normales (20 mm entre los ejes de hembrillas).

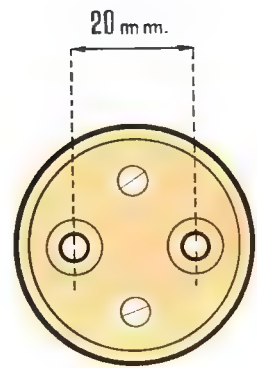
Enanas (10 mm entre los ejes de hembrillas).

Los distintos casos en que la necesidad obliga a disponer de un base de enchufe han motivado la aparición en el mercado de algunas formas características.

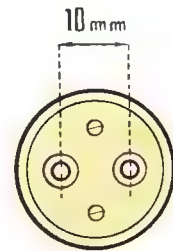
**BASE TRIPLE**, que permite derivar tres circuitos distintos.

**BASE AÉREA**, que se utiliza para prolongar la toma de corriente. Un ejemplo característico puede ser la base de enchufe que se emplea en las planchas eléctricas.

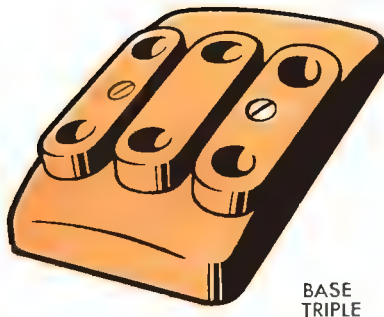
**BASE ROSCADA**, cuya misión es convertir en enchufe un portalámparas roscado.



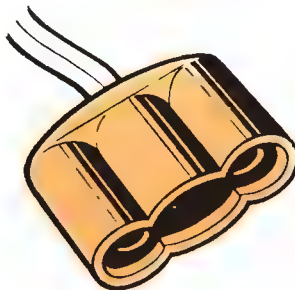
NORMAL



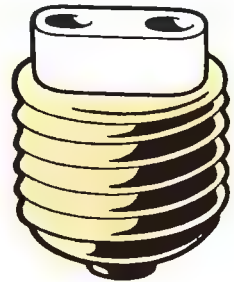
ENANO



BASE  
TRIPLE



BASE AL AIRE



BASE ROSCADA

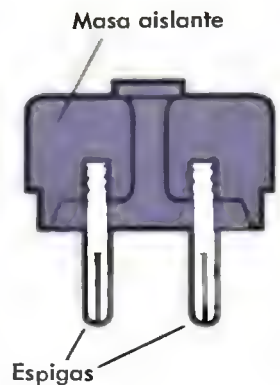
## La clavija

Consiste en una masa aislante (cuya forma, pensada para que armonice con la base que le corresponde, puede ser muy diversa) en la que se han acoplado dos espigas de las que se hace arrancar el cable conductor por que pasará la corriente en cuanto se las introduzca en las hembrillas de la base. Estas espigas llevan una hendidura para que se produzca una ligera presión en la superficie interior de las hembrillas de la base.

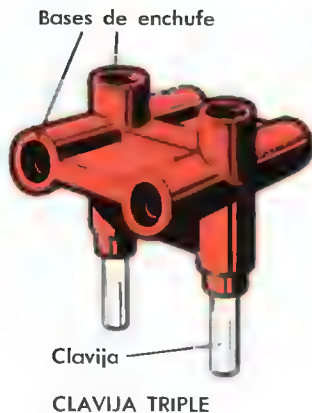
De entre los distintos tipos de clavijas señalaremos uno de mucha aplicación: la clavija triple.

Es un combinado de clavija y base que permite una triple derivación de un circuito, partiendo de una toma base.

En algunas instalaciones domésticas intervienen dos tipos de corriente.







Lo más frecuente es que exista una instalación para el alumbrado y otra para fuerza (la corriente destinada a los aparatos de mayor consumo) en cuyo caso los enchufes (base y clavija) destinados a la instalación de fuerza dejan de tener las conexiones circulares, pasando a tenerlas de sección rectangular.

Esta diferencia tiene por objeto evitar que los aparatos destinados a un tipo de corriente puedan conectarse a la otra.

Como es normal en este tipo de elementos, los enchufes llevan la notación del voltaje y amperaje que pueden soportar.

## CORTACIRCUITOS

Sabemos que una corriente eléctrica calienta el conductor por el que circula. Esta producción de calor es tanto mayor cuanto más elevada sea la intensidad; y si no se intercala en un circuito un ingenio que salvaguarde la integridad del mismo, cuando por alguna causa determinada aumente la intensidad de forma desmesurada, pueden producirse calentamientos excesivos capaces de producir la combustión de las coberturas aislantes de los conductores con el consiguiente peligro de incendio.

Para evitarlo se instalan los llamados cortacircuitos o fusibles, que en líneas generales no son más que unos puentes de material conductor fácilmente fusible intercalados entre un conductor normal interrumpido.

Cuando la intensidad es muy elevada, el elemento fusible del cortacircuito no puede resistir el calor producido y se funde. Con ello el circuito queda interrumpido, abierto.



Cuando la intensidad es excesiva funde el puente establecido entre los dos bornes del circuito.

## TIPOS DE FUSIBLES

El puente del cortacircuito acostumbra ser un alambre de plomo, calculado para un determinado amperaje. Es en la forma de colocarlo donde podemos hallar diferencias.

En las instalaciones domésticas encontramos dos tipos de cortacircuitos:

- a) Cortacircuitos de enchufe.
- b) Cortacircuitos de tapón.

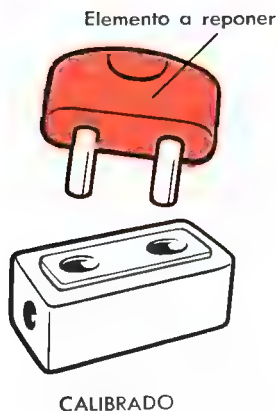
Y ambos tipos pueden ser a su vez de dos clases:

1. Calibrados.
2. De hilo cambiabile.

En los calibrados, el elemento fusible es fijo, de forma que si se funde debe cambiarse una parte completa del cortacircuito. Este tipo (sea de enchufe o de tapón) lleva el fusible calculado para una determinación intensidad. Por eso decimos que son calibrados.

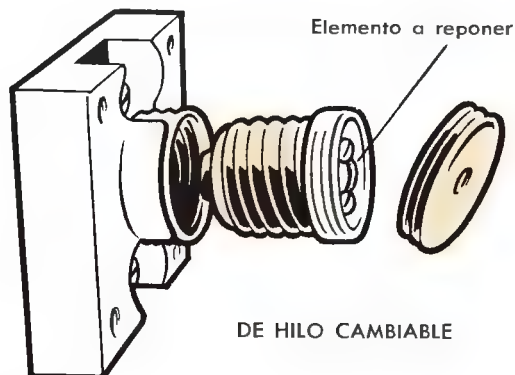
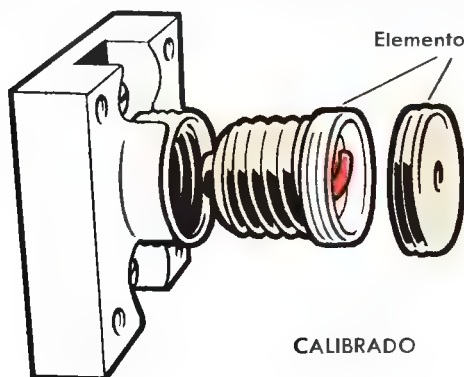
### CORTACIRCUITOS DE ENCHUFE





En los de hilo cambiabile, el fusible es accesible y cuando se funde puede reponerse con facilidad. Estos cortacircuitos, si bien tienen la ventaja de su continuo aprovechamiento, puestos en manos de un inexperto representan un serio peligro: que al fundir el hilo original se supla con otro hilo cuya temperatura de fusión sea mayor que la requerida por el amperaje normal del circuito. Entonces queda inutilizada la verdadera función del cortacircuito.

### CORTACIRCUITOS DE TAPON



### PORTALAMPARAS

El portalámparas, como su nombre indica, es el elemento que sirve de soporte a las lámparas. En general, sirve para conectar a un circuito cualquier aparato que lleve una espiga acoplable al hueco del portalámparas.

Los elementos esenciales de todo portalámparas son el casquillo y el contacto, que deben quedar perfectamente aislados.

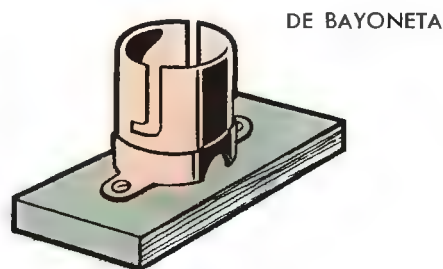
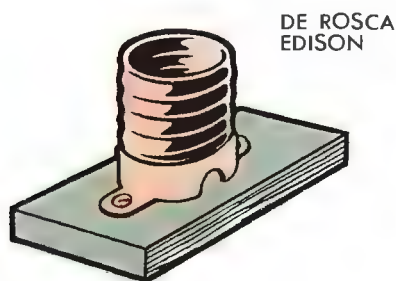
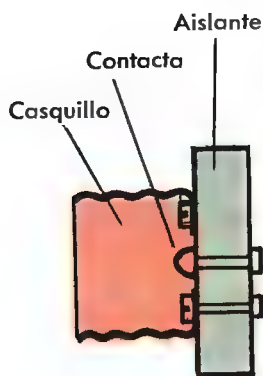
Atendiendo a su casquillo encontramos dos tipos fundamentales:

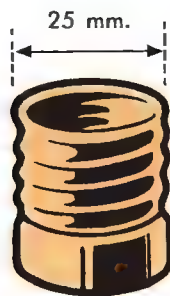
De rosca Edison — De bayoneta

Los portalámparas de rosca Edison, según sea su tamaño, se subdividen en tres clases:

Normales — Mignon — Enanos

El normal es el que aparece en la mayor parte de aparatos de iluminación, usándose el mignon para los que llevan un número considerable de bombillas o para las lámparas en que interesa reducir al máximo los espacios ocupados





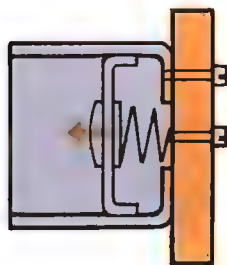
ROSCA NORMAL



ROSCA MIGNON



ROSCA ENANA



Sistema de contacto de un portalámparas de bayoneta.

por los elementos constitutivos. Llevan portalámparas mignon muchas lámparas del tipo araña, las llamadas apliqués, las de sobremesa (mesitas de noche, por ejemplo), etc.

El tipo enano es el empleado en las linternas de bolsillo y aparatos similares.

En cuanto a la forma externa es variadísima. Vea al pie un pequeño muestrario de los tipos más en boga.

Los portalámparas de bayoneta tienen el casquillo sin roscar, pero llevan unas entallas por las que penetran los espárragos que lleva el aparato a conectar. El contacto hace presión sobre el casquillo del aparato conectado mediante un muelle colocado como demuestra el croquis de la izquierda.

Estos portalámparas se emplean frecuentemente en ferrocarriles y aviones y, en general, en todos los lugares donde las vibraciones podrían desenroscar el aparato conectado.

Sin embargo, los portalámparas de bayoneta tienden a desaparecer, debido a la aparición de nuevos sistemas de iluminación que requieren una sujeción especial.

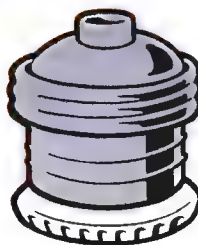
## PEQUEÑO MUESTRARIO DE PORTALAMPARAS



DE ZOCALO RECTO



DE ZOCALO CURVADO



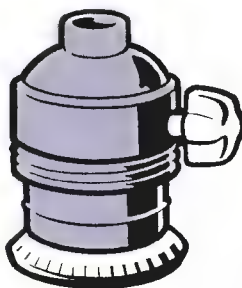
COLGANTE



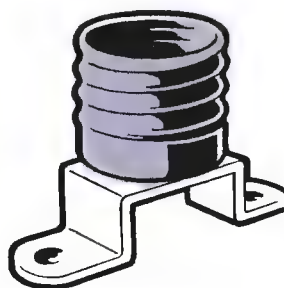
DE INTEMPERIE



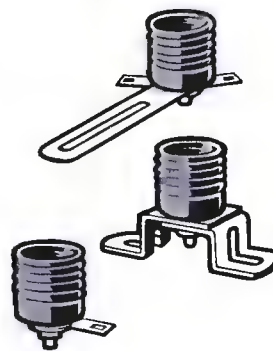
CON TOMAS DE CORRIENTE



CON INTERRUPTOR INCORPORADO



TIPO CASQUILLO



ENANOS

## su rincón de trabajo el primer tablero de pruebas

Los que soñamos en un porvenir dedicado a la ciencia que nos apasiona, tenemos la impaciencia natural de quien desea verse ante grandes y complicados mecanismos. Pensamos de inmediato en estos locales especialmente diseñados para que en ellos se realice un trabajo técnico y que están dotados de todos los adelantos imaginables, con completísimos tableros de pruebas, con instrumental inmejorable; en los que realmente pueden hacerse grandes cosas.

Esta misma impaciencia es la que nos lleva a pensar que el estudio de la electricidad (ésta es nuestra ciencia) nos exigirá una instalación apropiada, un laboratorio. Soñamos la *habitación exclusivamente nuestra* que cerraremos con llave para que nadie pueda fisgonear nuestro trabajo, que será la *sancta-sanctorum* donde sólo nosotros tendremos entrada. La imaginación corre mucho y nos hace pensar que para trabajar bien, para arrancar todos los secretos que guarda la electricidad, precisamos montones de aparatos, instalaciones complicadísimas...

Esta clase práctica vamos a dedicarla precisa-

mente al montaje de un tablero de pruebas que será suficiente para efectuar las experiencias de estudio. La complicación es muy buena cuando se hace necesaria; pero si las cosas pueden solucionarse con sencillez, siempre es mejor. Más adelante ya le enseñaremos lo que debe ser un tablero de pruebas profesional. Ahora, créalo, basta con el tablero de estudio que vamos a montar.

Hemos dicho que se trata de un tablero de estudio, pero esta definición no acaba de ser exacta. Deberíamos decir que es un tablero portátil, que también desde un punto de vista profesional puede hacernos un buen servicio, sobre todo cuando se trate de efectuar reparaciones a domicilio.

Pues no; nada de eso... de momento. Es cierto que a medida que avancemos en conocimientos deberemos ampliar nuestro instrumental. Ciertamente que a mayor complicación en las experiencias aumentará la necesidad de disponer de un lugar de trabajo. Pero, en plan de estudio, hay muchos recursos a esgrimir cuando nuestras posibilidades de local son escasas.

### UN CONSEJO

Antes de proceder a la descripción y montaje de nuestro tablero de pruebas consideramos necesario darle un consejo:

Usted, dentro de poco, empezará a manejar la electricidad de la misma forma que otros manejan los papeles de una oficina, es decir: con mucha familiaridad.

Pero la electricidad se comporta un poco como los gatos: que por mucho que se les trate, nunca puede tenerse la seguridad de que no van a sacar

las uñas. Hay que estar siempre atentos para retirar la mano a tiempo.

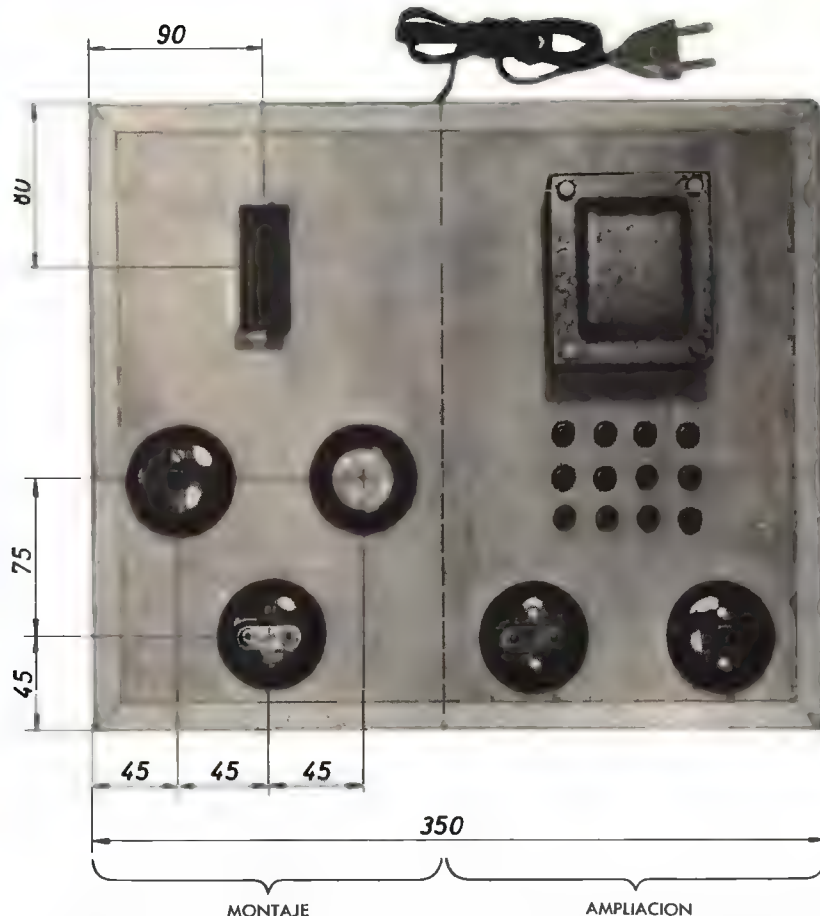
La electricidad, para que se porte bien, precisa un trato especial formado por dos condiciones: ATENCIÓN Y PRECAUCIÓN.

Atención para estar seguros de lo que hacemos. Precaución para asegurarnos de que hemos operado bien. No diga nunca aquello de *¡ya está bien!*, porque si algo falla puede tener un susto.

La electricidad está refida con el atolondramiento y las franquezas excesivas.



## TABLERO DE PRUEBAS ELEMENTAL



Vea la fotografía del tablero que le proponemos construir. Como puede ver, consta de dos secciones: la que denominamos montaje y la que denominamos ampliación. En esta clase nos dedicaremos a la primera. Será nuestro montaje y por eso la hemos llamado así. Dejaremos *en blanco* la otra mitad del tablero en espera de que las necesidades nos fueren a la ampliación que hemos previsto.

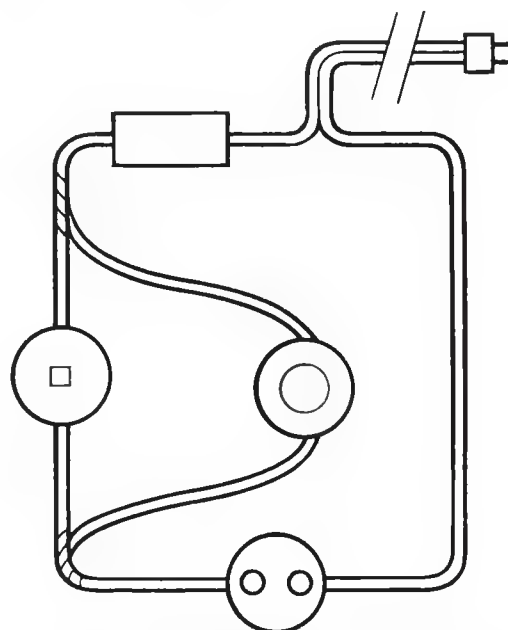
Así, pues, vamos a montar la primera parte de nuestro tablero de pruebas; y para ello, nada mejor que empezar dibujando su esquema. El esquema que dibujaremos será un esquema descriptivo, puesto que aún no estamos familiarizados con los esquemas técnicos.

Observe que el circuito que debe montar consta de una clavija de enchufe de la que arranca una conducción bipolar que se bifurca. En una de sus bifurcaciones se ha intercalado primero un fusible de los llamados de petaca; a continuación viene un interruptor. Sigue un enchufe que empalma con el otro cabo del hilo bipolar que arranca de la clavija inicial.

Vea cómo a la salida del fusible se ha practicado un empalme con un trozo de cable unipolar que, formando puente, termina en el tramo de

conductor que va del interruptor al enchufe. Intercalado en este puente se ha fijado un pulsador de timbre.

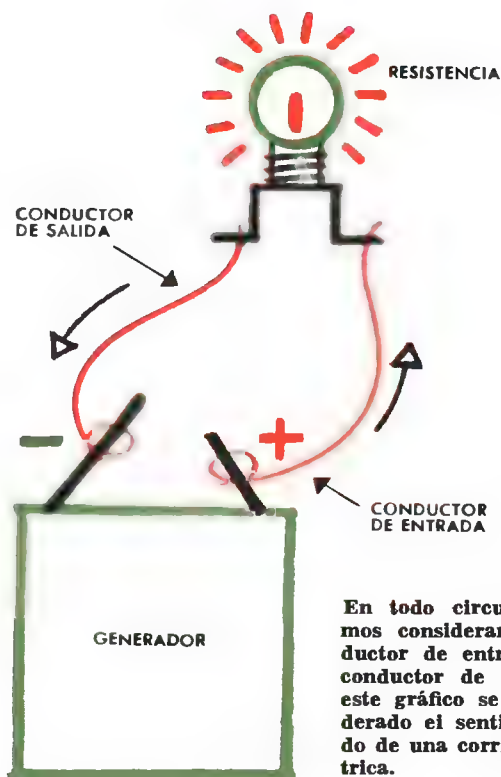
Visto el esquema, veamos cómo procedemos a su realización práctica.



CIRCUITO DESCRIPTIVO DEL MONTAJE

Mi vecino, claro, no sabía que cualquier elemento consumidor de corriente (una bombilla, por ejemplo) que pueda intercalarse a un circuito, debe considerarse una resistencia; tampoco sabía que según la forma de conexionar las resistencias en el circuito se suman sus valores. Tampoco sabía lo que usted ya sabe: que los tres factores básicos que valoran una corriente eléctrica (intensidad, voltaje y resistencia) quedan íntimamente relacionados entre sí, de forma que la variación experimentada por uno de estos factores repercute en los otros dos, provocando nuevas variaciones en ellos.

Partiendo de la base de que TODO CONSUMIDOR TIENE UNA RESISTENCIA Y ACTÚA COMO TAL, VAMOS a desarrollar los conocimientos necesarios para que usted, una vez terminada la lección, pueda adoc-trinar a mi vecino, haciéndole ver que la disminución en la luminosidad de las bombillas de sus flamantes guirnaldas no es un misterio indescifrable y menos aún un atentado contra la lógica. Es un simple problema de resistencias y formas de conexionado.



En todo circuito podemos considerar un conductor de entrada y un conductor de salida. En este gráfico se ha considerado el sentido figurado de una corriente eléctrica.

## CONEXION EN SERIE Y CONEXION EN PARALELO

En todo circuito podemos considerar un conductor de entrada y un conductor de salida. No se trata de una denominación *oficial*, pero parece lógico que llamemos conductor de entrada al que permite que la corriente entre en el circuito partiendo del borne positivo del generador (o de una toma de corriente) y que llamemos conductor de salida al que permite el retorno de la corriente por el polo negativo del generador o toma de corriente considerada. Repetimos que no se trata de una nomenclatura universal, sino de una forma de decir que adoptaremos para entendernos y por parecernos lógicas ambas denominaciones.

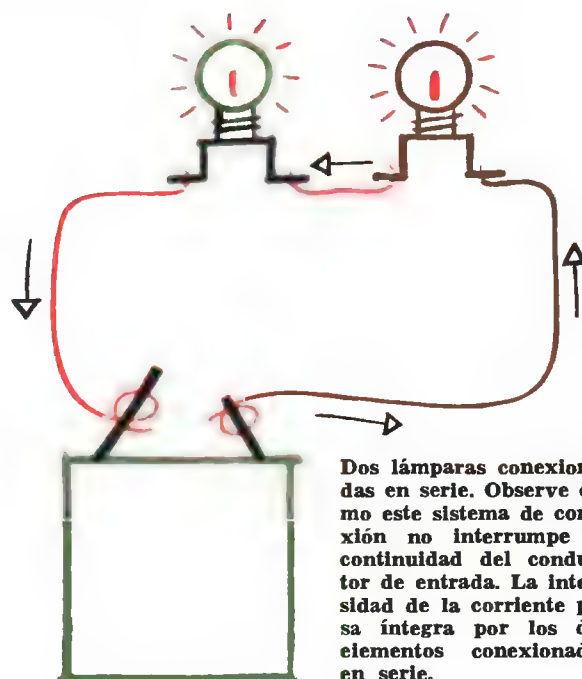
PUES BIEN: CUANDO UN ELEMENTO DEL CIRCUITO QUEDA CONEXIONADO DE FORMA QUE NO INTERRUMPE LA CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR DE ENTRADA O DE SALIDA, DECIMOS QUE ESTE ELEMENTO QUEDA CONEXIONADO EN SERIE.

Teniendo en cuenta la dirección de la corriente, un elemento estará en serie con el circuito cuando la intensidad que pasa por él sea la misma que pasa por el conductor de entrada o de salida.

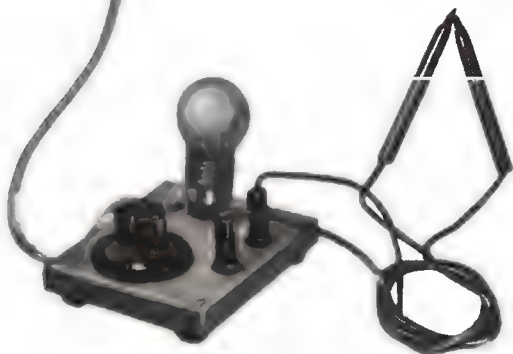
Suponga que al circuito primario que venimos estudiando le añadimos una nueva resistencia que, para no salirnos del ejemplo tomado, identificaremos con una bombilla. ¿Cómo podemos conexionar esta nueva bombilla?

Sólo hay dos soluciones posibles:

La primera consiste en conexionar la nueva bombilla como formando parte del camino que sigue la corriente. Quedará una bombilla a continuación de la otra y la intensidad pasará íntegra a través de ambas. Habremos practicado una conexión en serie.



Dos lámparas conexas en serie. Observe cómo este sistema de conexión no interrumpe la continuidad del conductor de entrada. La intensidad de la corriente pasa íntegra por los dos elementos conexas en serie.



Quizás le ha llamado la atención que en el panel se haya incluido un pulsador de timbre; es lógico.

El interruptor sirve para disponer de corriente de una manera constante en el enchufe. En cambio, con el pulsador puede disponer de impulsos de corriente a ráfagas, por decirlo así.

Para comprobarlo haga lo siguiente: tome el comprobador montado en la primera lección y, después de haber formado un puente entre las dos hembrillas (vea que puede hacerlo por medio de las dos bananas unidas a un mismo conductor), enchúfelo al recién terminado cuadro de pruebas. Si acciona el interruptor, la bombilla se encenderá y permanecerá encendida mientras no abra el circuito accionando otra vez el interruptor.

En cambio, si en vez de accionar el interruptor presiona el pulsador, la bombilla se encenderá durante el tiempo que mantenga la presión. Por este sistema es posible provocar simples destellos de la bombilla, cosa que en ocasiones tiene su utilidad.

Este tablero, según las condiciones de trabajo, puede transformarse en un tablero de pared, en uno de sobremesa o seguir en su forma inicial de tablero portátil.

Vea las distintas soluciones y, según sus posibilidades, adopte la que mejor cuadre a sus conveniencias.



# **ELECTRICIDAD**

**Conexionado en serie y paralelo**

**Conexiones mixtas**

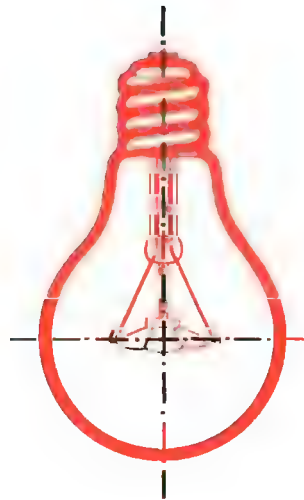
**Estudio de la resistencia**

**Cálculo de la resistencia de  
un circuito**

**Resistencia reducida**

**Instalaciones domésticas:**

**Enchufes y puntos de luz**



**LECCION Nº**

**3**





Mi vecino del piso de al lado estaba desconcertado. Según él, se encontraba ante un caso extraordinario donde la lógica más elemental estaba fallando estrepitosamente.

Aquel año, acercándose la Navidad, se había sentido más espléndido que otras veces comprando un árbol navideño poco menos que monumental. El tamaño del abeto, claro, había proporcionado el problema de su decoración en la que no podían faltar las características guirnalda con lucitas de colores. El hombre adquirió una guirnalda y guiándose por sus conocimientos de electricista casero la había colocado y conectado a un enchufe, un extremo en cada borne. El efecto decorativo, por lo visto, no estaba mal del todo; pero dado el tamaño más que regular del arbolito, quedaba muy pobre de luz. En definitiva: decidió vaciarse un poco más la cartera y comprar otra guir-

nalda. Añadiendo bombillas, evidentemente, tendría más luz.

Empalmó un extremo de la primera guirnalda a un extremo de la segunda y los dos extremos libres los enchufó a la toma de corriente preparada al efecto. Aquí fue donde mi vecino no vio claro, porque en vez de ver más luz observó con desilusión y con no poco desconcierto que la luz de su árbol resultaba más pobre que cuando sólo había instalado una guirnalda.

¿Cómo puede ser que con doble número de bombillas se obtenga menos luz?... Este contrasentido le llevaba de cabeza. No podía encontrar una respuesta lógica a su pregunta.

Y usted ¿podría darle la respuesta?... Posiblemente no; pero tenga la voluntad de estudiar esta lección y podrá solucionar el problema de nuestro amigo, de la misma manera que se lo solucioné yo.

Si cerramos este circuito de dos bombillas en serie, observaremos que la luminosidad de las bombillas no corresponde a la suma de la luz que puede proporcionar cada una de ellas; es menor. Por otra parte, si desenroscamos una de las dos bombillas también se apagará la otra, puesto que actuará a modo de un interruptor deteniendo el paso de la corriente.

La segunda solución consiste en dejar intacto el circuito primario, añadiendo la segunda bombilla formando un nuevo camino que comunique el conductor de entrada con el de salida.

En este caso, decimos que se ha hecho una conexión en paralelo o en derivación. Se comprende que, en este caso, la intensidad que circula por el conductor de entrada se reparte entre el conductor que debe llevarla a la primera bombilla y el que debe llevarla a la segunda. La intensidad se reparte entre los dos conductores para sumarse de nuevo al llegar al conductor de salida.

DECIMOS QUE UNA CONEXIÓN EN PARALELO (O EN DERIVACIÓN) ES AQUELLA QUE ESTABLECE UN PUENTE ENTRE EL CONDUCTOR DE ENTRADA Y EL DE SALIDA MOTIVANDO QUE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE SE REPARTA ENTRE EL RAMAL DE ORIGEN Y EL RAMAL DE LA CONEXIÓN.

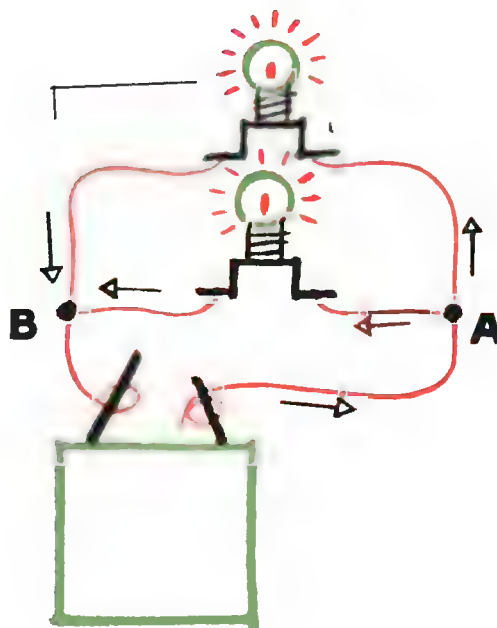
Cerrando un circuito así constituido, observaremos que las bombillas lucen mucho más que en el caso anterior.

## CONEXION MIXTA

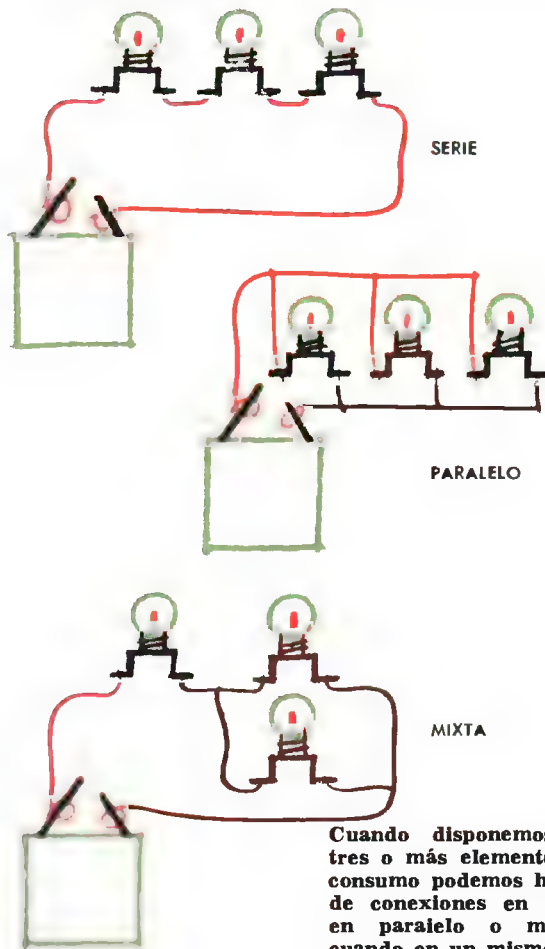
El número de resistencias (bombillas) puede ser mayor o menor, y si hasta aquí sólo hemos supuesto dos elementos de consumo, podemos pensar en las posibilidades que tres o más bombillas pueden proporcionarnos en cuanto a la manera de estar situadas en un circuito.

Tres bombillas, por ejemplo, pueden conectarse en serie y en paralelo, según demuestran los gráficos marginales; pero tampoco hay inconveniente en montar un circuito con dos bombillas en serie y otra en derivación. En este último caso hablaremos de una conexión mixta.

En definitiva: Serie y paralelo son dos vocablos que debemos pronunciar con mucha frecuencia al referirnos a la forma de conectar los distintos elementos de un circuito, vocablos que no sólo significan dos maneras de situar un consumidor en el circuito, sino que, por significarlo, encierran la evidencia de importantes variaciones en los valores de la intensidad, voltaje y resistencia entre los distintos puntos del circuito.



**Conexión en paralelo de dos bombillas.** Al llegar al punto A la intensidad se bifurca circulando la mitad por una bombilla y la mitad por la otra. Al llegar a B, se suman de nuevo las intensidades parciales. Las bombillas lucen más que en la conexión en serie.



Quando disponemos de tres o más elementos de consumo podemos hablar de conexiones en serie, en paralelo o mixtas, cuando en un mismo circuito se dan conexiones de los dos tipos.



El estudio que vamos a emprender consistirá precisamente en capacitarnos para prever, calcular y conocer las características de cualquier cir-

cuito eléctrico, según consideremos conexiones en serie o conexiones en paralelo.

El primer factor a estudiar será la resistencia.

## ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DE UN CIRCUITO - LA RESISTIVIDAD

El conocimiento que en principio tenemos de la resistencia se limita a un concepto básico que nos la define como aquella oposición de los cuerpos al paso de una corriente eléctrica y cuya cuantía podemos medir gracias a unos instrumentos especiales (los ohmímetros) graduados según una tabla de unidades que también conocemos. El ohmio es la unidad de resistencia y el megohmio y microhmio son el múltiplo y submúltiplo respectivamente de esta unidad.

Pero ¿de qué depende la resistencia de un determinado conductor?

Cuando en la lección anterior hacíamos un distinguo entre sustancias conductoras, semiconducto-

ras y aislantes dábamos a entender (aún sin decirlo) que la resistencia eléctrica de un conductor depende en primer lugar de su propia naturaleza, de manera que considerando dos conductores con idénticas características de forma y dimensión, el valor de su resistencia será distinto para ambos si es distinta su sustancia.

A este factor de resistencia que depende de la naturaleza del conductor se le conoce con el nombre de RESISTENCIA ESPECÍFICA o RESISTIVIDAD. Es lógico que si para cada sustancia hay una determinada resistencia específica deba contarse con ella como dato imprescindible para el cálculo de la resistencia de un conductor.

Veamos, pues, cómo debemos definir la resistividad de una sustancia:

ENTENDEMOS POR RESISTIVIDAD O RESISTENCIA ESPECÍFICA DE UNA DETERMINADA SUSTANCIA A LA RESISTENCIA DE UN ALAMBRE DE DICHA SUSTANCIA CUYA LONGITUD ES DE UN METRO Y CUYA SECCIÓN ES DE UN MÍLÍMETRO CUADRADO.

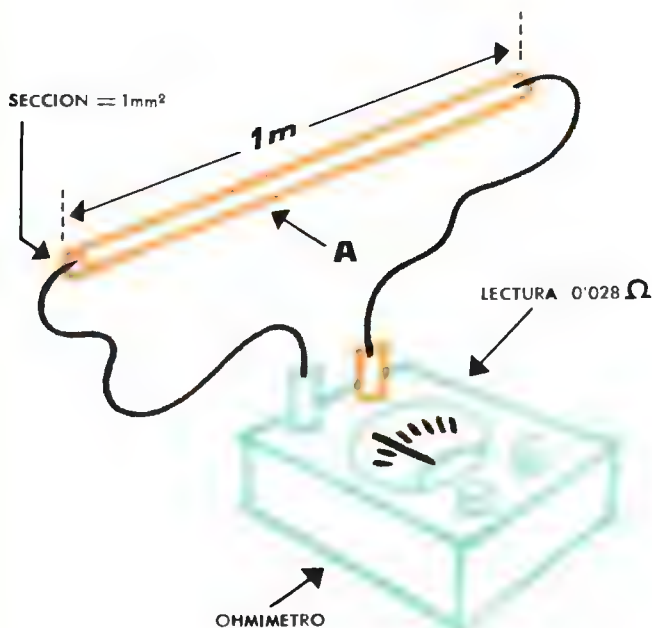
El valor de la resistividad se expresa por la letra griega  $\rho$  (ro) y se da en ohmios. Así, por ejemplo, si la resistividad de una cierta sustancia A es de  $0.028 \Omega$ , lo expresaremos así:

La resistividad de la sustancia A es  $\rho = 0.028$ .

El valor de la resistividad y resistencia en general sufre alteraciones según la temperatura que afecte al conductor, siendo por ello que al dar la resistividad de una sustancia debe especificarse a qué temperatura ha sido determinada. A efectos prácticos, la resistividad se considera tomada a la temperatura ambiente que, por término medio, podemos valorar en unos 20 grados centígrados.

A título de ejemplo incluimos una pequeña tabla con el valor de la resistividad de algunos conductores a  $20^\circ \text{C}$ .

En esta tabla, cuando lee que el aluminio tiene una  $\rho = 0.028$ , debe interpretar que la resistencia de un conductor de aluminio de 1 m de longitud y  $1 \text{ mm}^2$  de sección es de  $0.028 \Omega$ .



Si un metro de la sustancia A cuya sección es de  $1 \text{ mm}^2$  nos da una lectura de  $0.028 \Omega$  al medir su resistencia con un ohmímetro, diremos que para la sustancia A la resistividad es de  $0.028$ .

## RESISTENCIA ESPECIFICA DE ALGUNOS METALES EN $\Omega \text{ m-mm}^2$

Metal	$\rho$	Metal	$\rho$
Plata	0,016	Plomo	0,204
Cobre	0,017	Wolframio	0,054
Aluminio	0,028	Carbón	50,—
Cinc	0,056	1 Mélichort	0,30
Hierro puro	0,105	2 Manganina	0,42
Hierro en hilos	0,132	3 Niquelina	0,47
Platino	0,106	4 Constantán	0,50
Oro	0,024	5 Nicrom	1,—
Níquel	0,1	6 Kruppina	0,85
Estaño	0,139	7 Bronce	0,091
Mercurio	0,942	8 Latón	0,080

- 1 Aleación de cobre, cinc y níquel.
- 2 Aleación de cobre, níquel y manganeso.
- 3 Aleación de cobre, cinc y níquel.
- 4 Aleación de cobre y níquel.
- 5 Aleación de cromo y níquel.
- 6 Aleación de hierro y níquel.
- 7 Aleación de cobre y estaño.
- 8 Aleación de cobre y cinc.

## LA RESISTENCIA DEPENDE DE LA LONGITUD

Si recordamos que la corriente eléctrica es un flujo de electrones libres a través de un conductor y que la resistencia se debe a la oposición que por propia naturaleza ejerce el conductor al paso de este flujo de cargas negativas, por simple deducción lógica llegaremos al convencimiento de que la resistencia de un conductor debe aumentar en razón directa de su longitud. Para una misma sustancia tendremos MAYOR resistencia cuanto MÁS LARGO sea el camino a recorrer por la corriente.

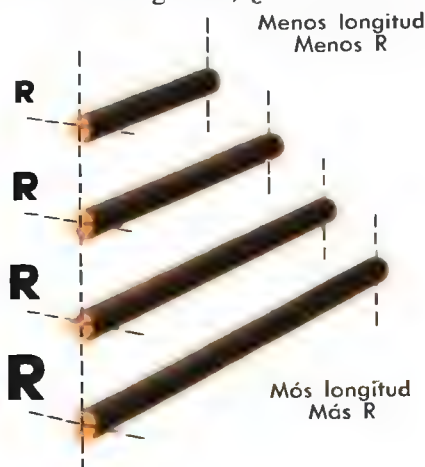
Por lo tanto, la longitud del conductor debe ser otro factor a tener en cuenta para el cálculo de su resistencia. ESTA LONGITUD SE DA SIEMPRE EN METROS.

Si consideramos varios conductores de igual longitud, pero de distinto grueso, ¿cuál de ellos

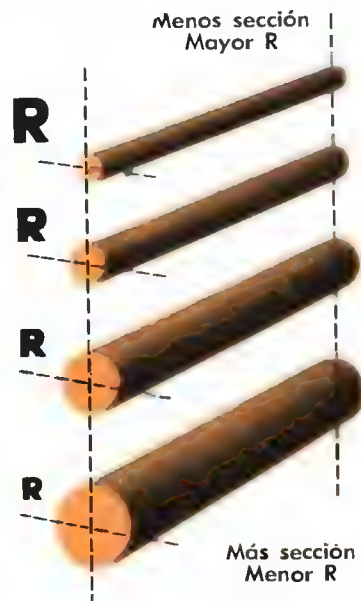
tendrá más resistencia?... Es evidente que será aquel que tenga la sección más pequeña, puesto que un camino estrecho siempre dificulta más el paso de un fluido que un camino ancho.

Es decir: para una misma longitud, la resistencia de un conductor está en razón inversa de su sección: A MAYOR sección MENOS resistencia y a MENOR sección MÁS resistencia.

LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR DEBE DARSE SIEMPRE EN MILÍMETROS CUADRADOS.



Para una misma sustancia aumenta la resistencia al aumentar la longitud.



Para una misma sustancia la resistencia aumenta al disminuir la sección.



## FORMULA DE LA RESISTENCIA

La resistencia de un conductor, según acabamos de ver, depende de su resistividad, de su longitud y de su sección, de tal manera que si suponemos un conductor cuya resistencia específica sea igual a la unidad la resistencia vendría dada por esta igualdad:

$$R = \frac{\text{longitud en metros}}{\text{sección en mm}^2}$$

La fórmula debe ser ésta, puesto que al aumentar la longitud en metros aumentará la resistencia y al aumentar la sección en milímetros disminuirá la resistencia.

Pero todo conductor tiene su resistividad, factor que aumenta la resistencia en un valor determinado en cada metro de longitud por milímetro cuadrado de sección. Por lo tanto, cuando la resistividad deja de ser la unidad, el valor de la resistencia, dado por la relación longitud en metros/sección en mm<sup>2</sup>, vendrá multiplicado por el valor de la resistencia específica.

La fórmula que nos da el valor de la resistencia de un conductor es:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

En donde:

$R$  = resistencia en  $\Omega$

$\rho$  = resistividad en  $\Omega$  por metro-milímetro cuadrado

$l$  = longitud en metros

$s$  = sección del conductor en mm<sup>2</sup>

Esta fórmula (importantísima fórmula) permite la solución de muchos problemas, puesto que de ella podemos deducir tres fórmulas más con las que calcular la resistividad, la sección o la longitud del conductor cuando conocemos los otros tres factores.

Fórmula I  $R = \rho \frac{l}{s}$

Fórmula II  $\rho = \frac{R \times s}{l}$

Fórmula III  $s = \rho \frac{l}{R}$

Fórmula IV  $l = \frac{R \times s}{\rho}$

Para la correcta aplicación de estas fórmulas debe tenerse en cuenta que el grueso del conductor lo mismo se da por su sección que por su diámetro, corriéndose el riesgo de confundir lo uno con lo otro si no se pone la debida atención en el detalle. Es decir: cuando en los datos de un problema se nos da el diámetro del conductor, deberemos calcular la superficie de su sección aplicando la fórmula del área del círculo ( $s = \pi r^2$ ) o bien consultando la tabla que a continuación le facilitamos. En ella se dan los valores en mm<sup>2</sup> de la sección que corresponde a los diámetros que se consideran.

## TABLAS DE DIAMETROS Y SECCIONES

$\varnothing$ mm	S mm <sup>2</sup>	$\varnothing$ mm	S mm <sup>2</sup>
0,05	0,00196	8	50,24
0,1	0,00785	8,5	56,74
0,15	0,01767	9	63,62
0,20	0,0314	9,5	70,88
0,25	0,0491	10	78,54
0,30	0,0707	11	95,03
0,35	0,0962	12	113,10
0,40	0,126	13	132,73
0,45	0,159	14	153,94
0,50	0,196	15	176,71
0,55	0,237	16	201,06
0,60	0,283	17	226,98
0,65	0,332	18	254,47
0,70	0,385	19	283,53
0,75	0,441	20	314,16
0,80	0,503	21	346,36
0,85	0,567	22	380,13
0,90	0,636	23	415,47
0,95	0,709	24	452,39
1	0,785	25	490,87
1,1	0,95	26	530,93
1,2	1,131	27	572,55
1,3	1,327	28	615,75
1,4	1,539	29	660,52
1,5	1,767	30	706,8
1,6	2,011	32	804,2
1,7	2,269	34	907,9
1,8	2,545	36	1017,8
1,9	2,835	38	1134,1
2	3,142	40	1256,6
2,1	3,463	42	1385,4
2,2	3,801	44	1520,5
2,3	4,155	46	1661,9
2,4	4,524	48	1809,5
2,5	4,908	50	1963,5
2,6	5,309	55	2375,8
2,7	5,725	60	2827,4
2,8	6,157	65	3318,3
2,9	6,605	70	3848,4
3	7,07	75	4417,8
3,2	8,04	80	5026,5
3,4	9,08	85	5674,5
3,6	10,18	90	6361,7
3,8	11,34	95	7088,2
4	12,57	100	7853,9
4,2	13,85		
4,4	15,20		
4,6	16,62		
4,8	18,09		
5	19,62		
5,5	23,76		
6	28,27		
6,5	33,18		
7	38,49		
7,5	44,18		

Fórmulas:

$$s = \frac{3,14 \times \text{diámetro}^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times S}{3,14}}$$

## EJEMPLOS DE APLICACION DE FORMULAS

Veamos ahora algunos casos interesantes solucionados con la aplicación de estas fórmulas.

### CASO DE APLICACIÓN DE LA FÓRMULA I

a) Hallar la resistencia de un conductor de cobre de 600 m de longitud y 3 mm<sup>2</sup> de sección.

Sabemos que para el cobre  $\rho = 0'017$ .

Por lo tanto, la resistencia del conductor será:

$$R = \rho \frac{l}{s} = 0'017 \frac{600}{3} = 3'4 \Omega$$

b) ¿Cuál es la resistencia de un conductor de hierro que tiene 12 m de longitud y una sección rectangular de 3 × 2 mm?

La sección tendrá una superficie de:

$$s = 3 \times 2 = 6 \text{ mm}^2$$

Sabiendo que la resistividad del hierro es 0'13, la resistencia buscada será:

$$R = 0'13 \frac{12}{6} = 0'26 \Omega$$

c) Buscar la resistencia de un conductor de aluminio de 1400 m de longitud y 6 mm de diámetro.

Aquí el grueso del conductor se nos da por su diámetro; y según la tabla dada, un conductor de 6 mm de diámetro tiene una sección  $s = 28'27$  milímetros cuadrados.

Luego:

$$R = 0'028 \frac{1400}{28'27} = 1'38 \Omega$$

### APLICACIÓN DE LA FÓRMULA II

a) Hallar la resistividad de una sustancia de la cual tenemos un alambre que con 5 m de longitud y 2 mm<sup>2</sup> de sección tiene una resistencia de 0'5 Ω.

Aplicamos directamente la fórmula II

$$\rho = \frac{R \times s}{l} = \frac{0'5 \times 2}{5} = 0'2$$

b) Una barra de sección rectangular de 3 × 6 milímetros tiene una longitud de 3 m. Si a los extremos de esta barra conectamos un ohmímetro,

leemos una resistencia de 0'007 Ω. ¿Cuál es la resistencia específica del material con que se ha fabricado la barra en cuestión?

La sección de la barra es de  $3 \times 6 = 18 \text{ mm}^2$ .

Luego, la resistividad será:

$$\rho = \frac{0'007 \times 18}{3} = 0'042$$

c) ¿De qué material es un conductor que a 20°C tiene una resistencia de 0'034 Ω, siendo su longitud de 4 m y su sección de 2 mm<sup>2</sup>?

Busquemos la resistividad:

$$\rho = \frac{0'034 \times 2}{4} = 0'017$$

Si consultamos la tabla de resistividades a 20°C veremos que el valor 0'017 corresponde al cobre. Podemos asegurar, pues, que el conductor del problema es de cobre.

### APLICACIONES DE LA FÓRMULA III

a) Un conductor de cobre de 2000 m de longitud tiene una resistencia de 4,81 Ω. ¿Cuál debe ser su sección para que la resistencia tenga realmente este valor?

$$s = \rho \frac{l}{R} = 0'017 \frac{2000}{4'81} = 7'06 \text{ mm}^2$$

Si queremos dar no la sección, sino el diámetro, consultaremos la tabla y veremos que se trata de un hilo de cobre de 3 mm de diámetro.

b) Con un conductor de aluminio debemos cubrir una distancia de 140 m. ¿Qué sección deberemos dar al conductor si nos interesa obtener una resistencia de 5 Ω?

$$s = 0'028 \frac{140}{5} = 0'78 \text{ mm}^2 \text{ o sea } 1 \text{ mm de diámetro}$$

### EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA FÓRMULA IV

a) Un alambre de hierro tiene una sección de 2 mm<sup>2</sup> y una resistencia de 12 Ω. ¿Cuál será su longitud?

$$l = \frac{R \times s}{\rho} = \frac{12 \times 2}{0'13} = 184'6 \text{ m}$$

b) Disponemos de un carrete de hilo de plata de 0'2 mm<sup>2</sup> de sección y deseamos obtener una resistencia de 16 Ω. ¿Qué longitud debemos cortar?

$$l = \frac{16 \times 0'2}{0'016} = 200 \text{ m}$$

c) Entre dos ciudades se ha tendido un con-

ductor de aluminio en línea recta. Sabiendo que su diámetro es de 8 mm y que su resistencia es de 92 Ω, ¿cuál es la distancia que separa las dos ciudades?

$$l = \frac{9'2 \times 50'26}{0'028} = 16.514 \text{ m} = 16'514 \text{ Km}$$

## VARIACIONES DE LA RESISTENCIA EN RELACION CON LA TEMPERATURA

Acaba de ver que la resistencia de un conductor podemos calcularla en función de su longitud y de su sección, siempre que conozcamos la resistividad del material. Este último dato (la resistividad) se nos da para una determinada temperatura, ya que el valor de la resistencia de los cuerpos no es el mismo para todas las temperaturas.

No hemos hablado de ello, pero medite un detalle: LA FALTA DE RESISTIVIDAD DE UN CONDUCTOR METÁLICO QUE ALCANZA LA TEMPERATURA DEL CERO ABSOLUTO (—273°). Llegará a la conclusión de que la resistencia de un conductor metálico aumenta al aumentar la temperatura, disminuyendo al compás de su disminución hasta desaparecer totalmente cuando se alcanza la temperatura más baja que podemos considerar: —273° o cero absoluto. A esta temperatura, se dice que los cuerpos metálicos se convierten en superconductores o en conductores absolutos. En los líquidos y algunos sólidos (el carbón, por ejemplo) la resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura.

Según esto, cuando calculamos una resistencia obtenemos un resultado que sólo es válido para la temperatura que ha condicionado la resistividad del conductor, en cuyo caso cabe preguntarse qué puede hacerse si (como es normal) no se

dispone de una tabla de resistividades para cada temperatura distinta.

Se presenta, pues, el siguiente problema:

Disponiendo de una tabla de resistencias específicas a 20°, podemos calcular resistencias a dicha temperatura. ¿Y cuándo la temperatura aumenta o disminuye?

La fórmula que nos da el nuevo valor de la resistencia al aumentar o disminuir la temperatura es ésta:

En esta fórmula  $R_t$  es la nueva resistencia a  $t$  grados

$$R_t = R_{20^\circ} \pm (R_{20^\circ} \times \alpha \times t_a)$$

$R_{20}$  es la resistencia calculada a 20°

$\alpha$  es un coeficiente de temperatura

$t_a$  es el aumento o disminución, en grados, de la temperatura.

Observe la aparición de un signo + y un signo — en la fórmula. El signo + se aplica cuando la temperatura aumenta y el signo — cuando disminuye.

El factor  $\alpha$  (coeficiente de temperatura) no es otra cosa que el aumento o disminución de la resistencia cuando la temperatura aumenta o disminuye en un grado.

Vea el valor de  $\alpha$  para algunas sustancias.

## TABLAS DE COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Metal	Coefficiente de temperatura
Plata	0,0038
Cobre	0,0039
Aluminio	0,0037
Cinc	0,0039
Hierro puro	0,0048
Hierro en hilos	0,0048
Platino	0,0030
Oro	0,0034
Níquel	0,0050
Estaño	0,0036
Mercurio	0,0009

Metal	Coefficiente de temperatura
Plomo	0,0037
Wolframio	0,0040
Carbón	0,0004
Mélchort	0,0003
Manganina	Nulo
Niquelina	0,0002
Constantán	Casi cero
Nicrom	0,00017
Kruppina	0,0007
Bronce	0,0020
Latón	0,0015

Observe como para los metales puros puede tomarse un valor aproximado de  $\alpha = 0'004$ .

#### EJEMPLOS:

Hallar la resistencia de un conductor de cobre a  $80^\circ$ , sabiendo que su resistencia a  $20^\circ$  es de  $4'5 \Omega$ .

Aumento de temperatura:

$$80 - 20 = 60^\circ$$

Luego, la resistencia a  $80^\circ$  será:

$$R_{80^\circ} = 4'5 + (4'5 \times 0'0039 \times 60) = 5'553 \Omega$$

Un conductor de cobre, cuya resistencia a  $20^\circ$  es de  $14 \Omega$ , deb  alcanzar una temperatura de  $3^\circ$  bajo cero.  Cu al será su nueva resistencia?

El descenso de la temperatura será de  $23^\circ$  y su nueva resistencia de:

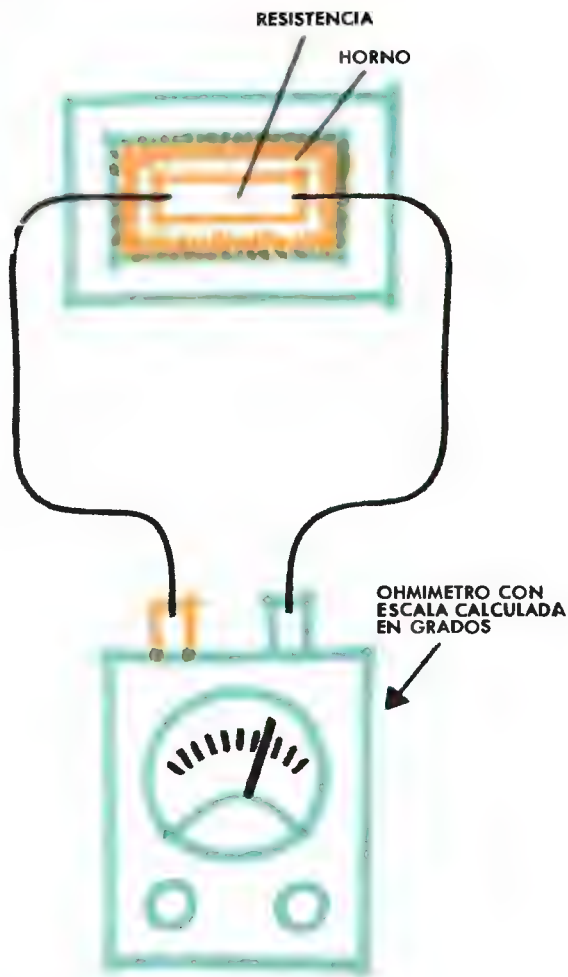
$$R_{-3^\circ} = 14 - (14 \times 0'0039 \times 23) = 12'74 \Omega$$

Las variaciones de la resistencia en relación a las variaciones de temperatura proporcionan el sistema de conseguir un termómetro eléctrico.

En efecto: si disponemos de una resistencia cuyo índice de temperatura sea elevado (lo cual quiere decir que será muy sensible a las variaciones termométricas) y con un ohmímetro vamos sealando una escala que nos indique las desviaciones que a cada temperatura sufre la aguja del aparato, conseguimos un ohmímetro que nos permitirá leer grados de temperatura en vez de ohmios.

Cuando la resistencia del aparato se introduzca en un ambiente c ldido (un horno, por ejemplo) o frío (una cámara frigorífica) inmediatamente se producirá la variación de la resistencia que, acusada por el ohmímetro de graduación especial, nos permitirá lecturas directas en grados.

Otras veces interesarán resistencias que acusen muy poco los cambios de temperatura; resistencias con un  $\alpha$  casi nulo, entre las que ocupa un lugar preeminente la manganina, que es una aleación de cobre, níquel y manganeso.



Esquema simplificado de un termómetro eléctrico para altas temperaturas.

## VARIACIONES DE LA RESISTENCIA DEBIDAS A LA LUZ Y A LA PRESION

También la luz y la presión influyen sobre la resistencia eléctrica de los cuerpos y usted, ante esta nueva noticia, quizás piense que sólo faltaba eso para acabar de complicar las cosas.

Ciertamente, es una complicación, por cuanto son nuevos aspectos a tener en cuenta; pero, como toda complicación nacida de un fenómeno especial, también es una ventaja por la aplicación práctica que puede tener.

No nos proponemos emprender un estudio detallado de estas cuestiones (más adelante ya ten-

dremos ocasión de profundizarlos), sino que vamos a limitarlo a unas pocas consideraciones que nos redondeen este estudio sobre la resistencia y sus variaciones.

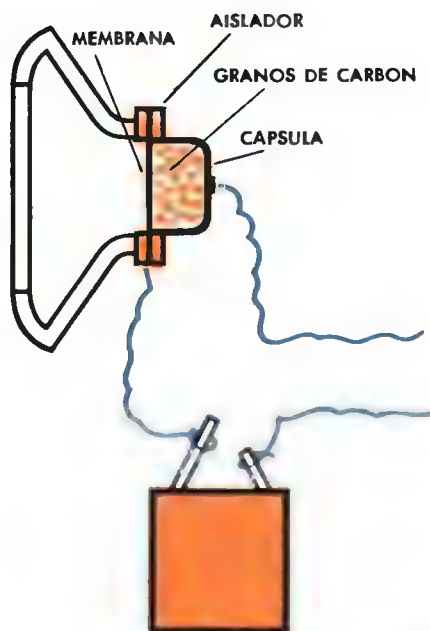
La luz modifica el valor de la resistencia de los cuerpos, modificación que será mayor o menor según la sustancia. El selenio es uno de los elementos que más acusa estos cambios de valor, de tal forma que teniendo en la oscuridad una resistencia muy alta, a plena luz queda reducida a una décima parte. Esta propiedad del selenio



una cierta cantidad de gránulos de carbón en contacto con una membrana metálica muy fina. Este dispositivo, que forma parte de un circuito, actúa de la siguiente manera:

Cuando se habla delante de la membrana, las ondas sonoras la empujan más o menos, comprimiendo los gránulos de carbón que varían la resistencia del conjunto a tenor de la fuerza provocada por las ondas sonoras emitidas frente al micrófono. Estos cambios de resistencia motivan cambios de intensidad en la corriente del circuito, que afectando el auricular del receptor reproducen las vibraciones acusadas por el micrófono.

De todo ello hablaremos extensamente cuando estudiemos lo que concierne a la telecomunicación. De momento, ya lo hemos dicho, nos limitamos a dar una idea general de los problemas que implica el estudio de la resistencia eléctrica y de las aplicaciones técnicas de los fenómenos relacionados con ella.



**Representación esquemática de un micrófono de carbón.**

## LA CONDUCTANCIA

Un nuevo concepto a tener en cuenta, cuyo nombre puede sugerir algo mucho más complicado de lo que es en realidad.

LA CONDUCTANCIA ES EL INVERSO DEL VALOR DE LA RESISTENCIA.

Entendemos por inverso de un número el resultado de dividir la unidad por dicho número. Así, por ejemplo, el inverso del número 25 es  $1/25$  y el inverso de una resistencia  $R$ , o sea la conductancia, será  $1/R$ .

Como ve, la conductancia de una resistencia no es un concepto difícil de captar. Basta dividir la unidad por la resistencia para conocer su conductancia.

LA CONDUCTANCIA SE REPRESENTA POR LA LETRA  $G$ .

Una resistencia de  $R = 2 \Omega$  tendrá una conductancia de:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{2} = 0'5 \text{ siemens.}$$

Se ha fijado en la palabra, ¿verdad?... SIEMENS.

Se llama así a la unidad de conductancia, en honor de Werner von Siemens, el primer constructor de una dinamo, unidad que corresponde a la conductancia de una resistencia de 1 ohmio, puesto que la inversa de 1, es también 1.

Así, diremos que una resistencia de  $R = 1 \Omega$ , tiene una conductancia de 1 siemens, puesto que

$$G = \frac{1}{1} = 1.$$

Una resistencia de  $4 \Omega$  tendrá una conductancia de  $G = \frac{1}{4} = 0'25$  siemens.

Una resistencia de  $0'02 \Omega$  tendrá una conductancia de  $G = \frac{1}{0'02} = 50$  siemens.

Etc. Observe cómo a menos resistencia corresponde mayor conductancia.

## CONEXION DE RESISTENCIAS - RESISTENCIA REDUCIDA DE UN SISTEMA

Después de haber ampliado el conocimiento que teníamos de la resistencia eléctrica de los cuerpos, estamos en condiciones de emprender la etapa final que le permitirá explicar a nuestro amigo *el*

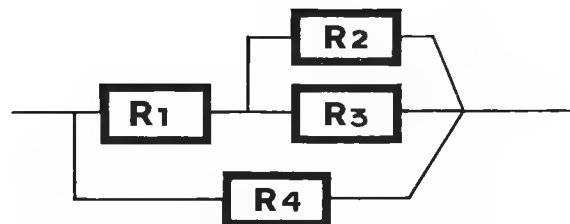
*del árbol de Navidad* el porqué del contrasentido aparente que tan preocupado lo tuvo.

Vamos a ver qué es lo que ocurre cuando en un circuito nos encontramos con dos o más re-

sistencias conexionadas en serie, en paralelo o en conexión mixta. Lo que ocurre es que todo sistema de resistencias intercalado entre dos puntos de un circuito actúa como si fuese una sola resistencia de un determinado valor, resultando muy interesante conocer cuál es este valor, bien para sustituir un sistema de resistencias por una sola que haga el mismo efecto (la que se llama **RESISTENCIA REDUCIDA** del sistema), bien para conocer la resistencia del tramo del circuito que se está estudiando y prever los valores de la corriente a la salida del tramo en cuestión.

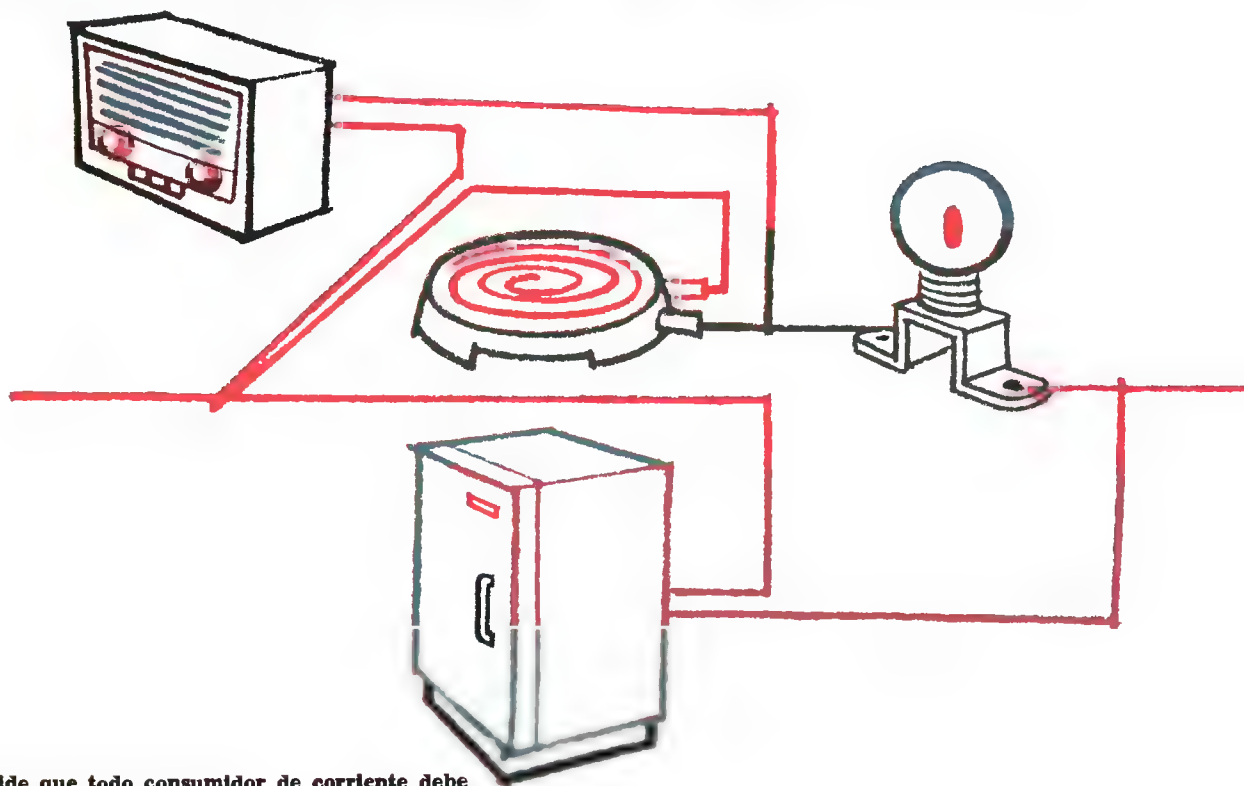
No pierda de vista que cuando hablamos de resistencias nos referimos en general a cualquier consumidor de corriente, aunque nosotros, a fines representativos, las simbolicemos por un rectángulo en cuyo interior escribimos los ohmios de cada una de ellas.

Este sistema de resistencias, por ejemplo:  
Tenemos cuatro resistencias simbolizadas por



cuatro rectángulos. Pues bien: la resistencia  $R_1$ , por ejemplo, puede ser una bombilla; la  $R_2$ , un aparato de radio; la  $R_3$ , un hornillo eléctrico; la  $R_4$ , un frigorífico. El caso es que no pierda de vista que todo aparato consumidor de corriente es una resistencia a efectos del cálculo de un circuito.

Supongamos ahora que por cualquier circunstancia técnica interesa conocer el valor de la resistencia reducida que pueda sustituir las cuatro consideradas, sin que por ello varíen las demás características del circuito. Este es el cálculo que vamos a estudiar.



**No olvide que todo consumidor de corriente debe considerarse una resistencia.**

## RESISTENCIAS EN SERIE

Dejemos el circuito considerado y empecemos por el caso más simple de conexión de resistencias: cuando dos o más resistencias se conectan en serie.

Sea, por ejemplo, este sistema de tres resisten-

cias en serie, cuyos valores quedan anotados en el recuadro que las simboliza: 4, 3 y 6 ohmios. ¿Cuál es el valor de la resistencia total?... Puede afirmar que en el caso de un sistema de resistencias conexionadas en serie, el valor total es igual a la

suma de valores parciales. Si representamos la resistencia total por  $R_t$ , diremos que en el sistema que nos ocupa se cumplirá que:

$$R_t = 4 + 3 + 6 = 13 \Omega$$

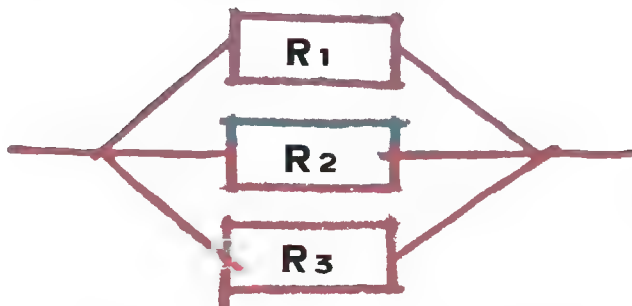
LA RESISTENCIA REDUCIDA DE VARIAS RESISTENCIAS EN SERIE, ES IGUAL A LA SUMA DE LOS VALORES DE CADA UNA DE ELLAS.

Según eso, podemos afirmar que LA REDUCIDA DE UN SISTEMA DE RESISTENCIAS EN SERIE, ES SIEMPRE MAYOR QUE EL VALOR DE CUALQUIERA DE ELLAS.

## RESISTENCIAS EN PARALELO

Acabamos de ver que el cálculo de un sistema en serie no puede ser más simple: basta sumar. Pero, como es natural, nos encontraremos con resistencias conexonadas en paralelo, en cuyo caso la reducida ya no es la suma de cada una de las resistencias, sino que requiere un cálculo algo más complicado, aunque muy sencillo para usted, si presta un poco de atención a lo que sigue y no se asusta de buenas a primeras.

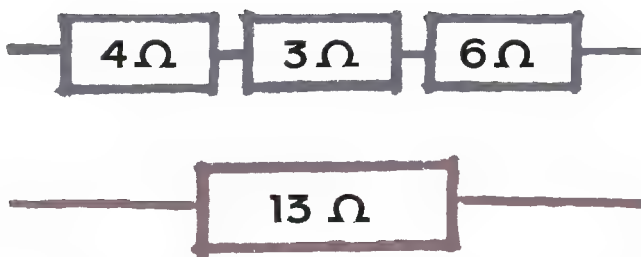
DECIMOS QUE LA RESISTENCIA REDUCIDA DE UN SISTEMA DE RESISTENCIAS EN PARALELO, ES IGUAL A LA UNIDAD, DIVIDIDA POR LA SUMA DE LAS INVERSAS DE CADA UNA DE LAS RESISTENCIAS DEL SISTEMA.



Esto, que puede parecer complicado, quiere decir lo siguiente: que dado un sistema de resistencias en paralelo (vea ejemplo gráfico), la resistencia del mismo es igual a:

$$\text{I} \quad R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

De esta fórmula, evidentemente, podemos conseguir el valor de la resistencia reducida del sistema. Para ello bastará dividir la unidad por el valor de cada una de las resistencias del sistema,



La reducida del sistema es una resistencia de 13 ohmios igual a la suma de los valores de las tres resistencias conexonadas.

sumar los valores encontrados y dividir otra vez la unidad por esta suma. El resultado será la *reducida*, en ohmios.

Pero cualquier individuo con algunos conocimientos de matemáticas nos dirá que esta fórmula la podemos modificarla de la siguiente manera:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Fíjese en lo que hemos conseguido: afirmar que la inversa de la resistencia reducida es igual a la suma de las inversas de las resistencias parciales. Y ¿no hemos afirmado que la inversa de una resistencia es su conductancia?... Hemos afirmado eso y por lo mismo podemos escribir que:

$$\text{II} \quad G_t = G_1 + G_2 + G_3$$

LA CONDUCTANCIA DE VARIAS RESISTENCIAS EN PARALELO ES IGUAL A LA SUMA DE LAS CONDUCTANCIAS DE CADA UNA DE ELLAS.

Esta verdad representa una ventaja para el cálculo, es evidente. Vamos a verlo:

Sea, por ejemplo, el sistema de resistencias en paralelo que exponemos a continuación:



La reducida podemos calcularla de dos maneras distintas: por la fórmula I o por la fórmula II. Por la I tendremos:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}}$$

Efectuando operaciones por separado, obtendremos los siguientes valores

$$\frac{1}{2} = 0'5; \frac{1}{4} = 0'25 \text{ y } \frac{1}{5} = 0'2 \text{ que sumados, serán:}$$

$$0'5 + 0'25 + 0'2 = 0'95$$

Por lo tanto:

$$R_t = \frac{1}{0'95} = 1'052 \Omega$$

Actuando a partir de la fórmula II, deberíamos proceder así:

1.º) Buscar las conductancias:

$$R_1 = 2 \Omega, \text{ de donde } G = \frac{1}{2} = 0'5 \text{ siemens}$$

$$R_2 = 4 \Omega, \text{ de donde } G = \frac{1}{4} = 0'25 \text{ siemens}$$

$$R_3 = 5 \Omega, \text{ de donde } G = \frac{1}{5} = 0'2 \text{ siemens}$$

2.º) Hallar la conductancia total:

$$G_t = 0'5 + 0'25 + 0'2 = 0'95 \text{ siemens}$$

3.º) Calcular la resistencia reducida, que será la inversa de la conductancia:

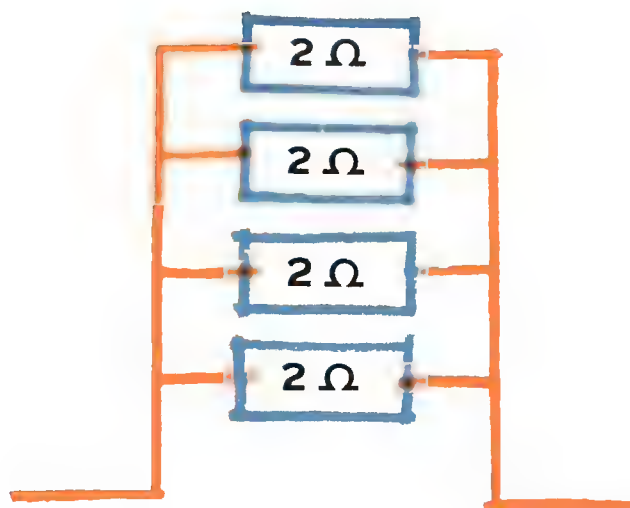
$$R_t = \frac{1}{G_t} = \frac{1}{0'95} = 1'052 \Omega$$

En realidad, las operaciones son las mismas tanto si operamos partiendo de la fórmula de la resistencia, como si lo hacemos a partir de la fórmula de la conductancia; pero quizá resulte más práctico aplicar la segunda fórmula, ¿no le

parece?... Conociendo las resistencias, buscamos sus conductancias, las sumamos para obtener la conductancia total, y finalmente buscamos la inversa de ella, que será la resistencia reducida del sistema.

Observe un detalle ¡muy importante! LA REDUCIDA DE UN SISTEMA DE RESISTENCIAS CONEXIONADAS EN PARALELO ES SIEMPRE MÁS PEQUEÑA QUE CUALQUIERA DE LAS RESISTENCIAS PARCIALES.

Para el caso particular de que las resistencias en paralelo sean todas iguales, la reducida es igual al valor de una de ellas dividido por el número de resistencias del sistema.



$$R_t = \frac{2}{4} = 0'5 \Omega$$

Cuando las resistencias de un sistema en paralelo tienen todas el mismo valor la reducida es igual a la división del valor de una de ellas por el número de resistencias existentes.

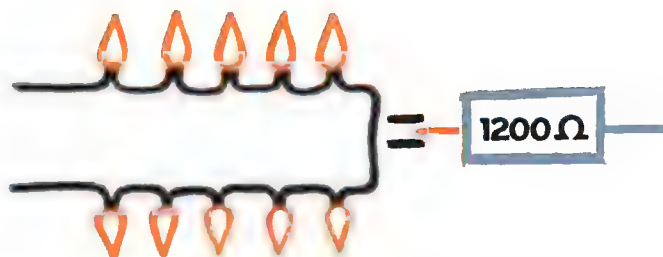
Por poco que medite, debe comprender la importancia de estos fenómenos que dan la explicación del porqué a nuestro conocido no le salían las cuentas. Es lógico:

Una de las guirnaldas de bombillas de las que puse en su abeto, pongamos por caso, constaba de diez unidades en serie que, suponiendo una resistencia de  $120 \Omega$  por bombilla, representaba para el circuito una resistencia total de  $120 \times 10 = 1200 \Omega$





Diez bombillas en serie de  $120\ \Omega$  cada una.



Esta es la solución correcta para la colocación de una sola guirnalda, calculada para que las diez bombillas en serie luzcan normalmente.



Reducida de las guirnalda.



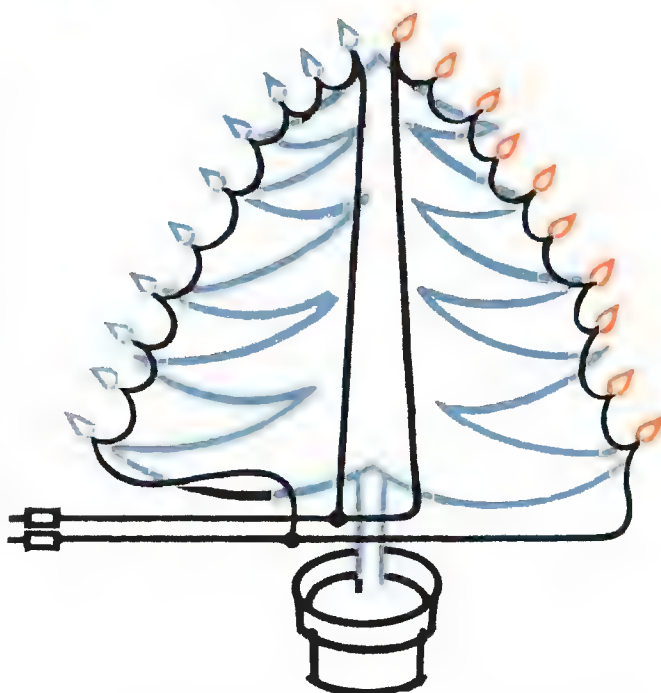
Al colocar las dos guirnalda en serie se suman las resistencias respectivas y se dobla el valor de su reducida. Se comprende que luzcan menos.

Al añadir una nueva guirnalda conexionada en serie, lo que hizo fue aumentar al doble el valor de la resistencia total, puesto que la conexión en serie supone ir sumando resistencias. Por pura lógica, a una mayor resistencia o sea, a una mayor oposición al paso de la corriente, debe disminuir la luminosidad de las bombillas, que es lo que realmente le sucedió.

¿Cuál es la solución a su problema? ¿Cómo conseguir que la luminosidad de cada guirnalda permanezca inalterable?... Simplemente conexionándolas en paralelo. Procediendo así, tendremos un sistema de dos resistencias en paralelo, de  $1200\ \Omega$  cada una (son dos guirnalda de 10 bombillas de  $120\ \Omega$ ), con lo cual tendremos una resistencia reducida de:

$$R_t = \frac{1200}{2} = 600\ \Omega$$

Disminuimos la resistencia y las bombillas dan más luz, que es lo que tratamos de conseguir.



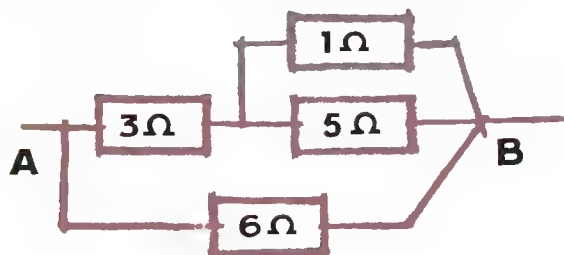
La solución consiste en conexionar la segunda guirnalda en paralelo con la primera. Con ello reducimos la resistencia total y las bombillas lucen más.

## RESISTENCIAS EN CONEXION MIXTA

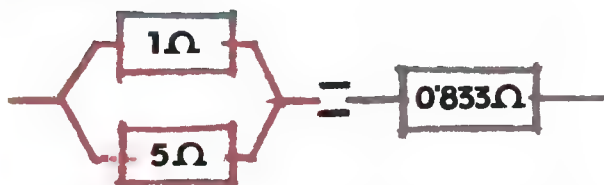
Una vez conocido el método para calcular la resistencia reducida de un sistema en serie y de un sistema en paralelo, podemos enfocar la cuestión de las reducidas de los sistemas mixtos. Como puede comprender, la resistencia reducida de estos sistemas se calcula desglosándolos en dos o más sistemas que presenten un solo tipo de conexión.

Es decir: en todo sistema mixto, podemos calcular reducidas parciales que nos irán limitando el número de resistencias a considerar, hasta que llegaremos a dos únicas resistencias, en serie o en derivación, cuya reducida será la reducida total.

Veamos un ejemplo: el sistema de resistencias que hemos supuesto al empezar estos temas.



Para calcular la reducida de este sistema operamos por fases:



1.º Observe que en la rama superior del circuito comprendido entre A y B, hay dos resistencias conexas en paralelo. Son la  $R_2$  de 1 Ω y la  $R_3$  de 5 Ω. Este sistema parcial tiene una reducida cuyo valor es de:

$$R_{u1} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{5}} = 0'833$$

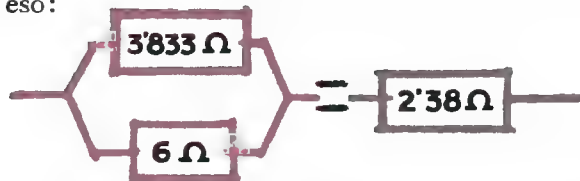
Con esta reducida parcial, el tramo superior del circuito A B se nos convierte en este sistema de dos resistencias en serie:



La reducida de este sistema será de:

$$R_{t2} = 3 + 0'833 = 3'833$$

Con ello hemos llegado a una reducción del sistema considerando que se nos ha convertido en eso:



La reducida de este sistema de dos resistencias en paralelo, será la reducida final, con un valor de:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{3'833} + \frac{1}{6}} = \frac{1}{0'26 + 0'16} = \frac{1}{0'42} = 2'38 \Omega$$

El número de ejemplos de este tipo que pueden proponerse es infinito, pero su solución siempre sigue la misma mecánica: calcular reducidas parciales que puedan sustituir a parte de las resistencias del circuito, hasta alcanzar un sistema de dos únicas resistencias, cuya reducida es la total del sistema.

## CONCLUSION

Acabamos de estudiar la manera de conocer la resistencia de un conductor y la resistencia de un circuito en relación a los sistemas de resistencias conectadas en serie o en paralelo.

Al relacionar la resistencia con la intensidad y voltaje, completaremos los conocimientos para enfrentar cuantos problemas pueda presentar un circuito en relación a sus condiciones eléctricas. Estamos a un solo paso de la ley fundamental de la electrotecnia, la ley de Ohm que, tomando el trinomio básico (resistencia, intensidad y diferencia de potencial) relaciona sus tres efectos, dándonos el valor de uno de ellos en función de los otros dos.

La ley de Ohm se expresa así:

$$R = \frac{V}{I}$$

LA RESISTENCIA ELÉCTRICA EXISTENTE ENTRE DOS PUNTOS DE UN CIRCUITO, ES IGUAL AL VOLTAGE APRECIADO ENTRE ELLOS DIVIDIDO POR LA INTENSIDAD QUE CIRCULA POR EL TRAMO CONSIDERADO.

Así, sin más, ponemos punto final a este capítulo, dejando una puerta abierta para que en la siguiente lección podamos descubrir el tesoro científico que representa la verdad de esta sencilla fórmula.

## Instalaciones domésticas Instalación de enchufes y puntos de luz

Una vez conocidos los elementos de control de una instalación doméstica (enchufes, portalámparas, fusibles, conmutadores, etc.), lo que en conjunto se llama **aparamenta**, ha llegado la hora de ver la forma de instalarlos para servirnos de ellos y poder controlar la corriente eléctrica dentro de una vivienda.

Como se apuntó en la lección primera, este aprendizaje lo efectuaremos siguiendo un orden, empezando por estudiar la instalación más elemental para ir progresando hacia resultados más ambiciosos. Los esquemas primarios serán las bases de este primer estudio. Veremos cuáles son estos esquemas (que encontramos en toda instalación doméstica) y aprenderemos la forma de convertirlos en realidades.

En una vivienda podemos encontrar dos tipos de instalaciones:

INSTALACIONES DE LUZ  
INSTALACIONES DE FUERZA

Las primeras son las que abastecen toda la iluminación de la casa, proporcionando luz eléctrica en aquellos puntos que la requieren para el

normal quehacer de una familia. Dentro de esta misma denominación (instalaciones de luz) también se consideran incluidos los servicios de señalizaciones sonoras y visuales, como timbres e indicadores.

La instalación de fuerza, cuando existe, es la que se destina a abastecer de corriente los aparatos de mayor consumo al servicio de un ambiente doméstico: cocinas eléctricas, calentadores, aparatos de calefacción, electrodomésticos en general, etc.

Esta división obedece a dos circunstancias; una técnica y otra de índole económica. Los aparatos de gran consumo requieren intensidades superiores, lo que supone una aparamenta más reforzada y unas instalaciones más seguras. Por otra parte, las compañías de suministro eléctrico, teniendo en cuenta el mayor consumo de corriente debido a esta instalación de fuerza, la facturan a más bajo precio.

Estas son las dos instalaciones que podemos encontrar en toda vivienda; pero sigue siendo normal que la única instalación existente sea la de la luz, fuente de energía que el usuario también emplea para los aparatos de uso doméstico.

## INSTALACIONES DOMESTICAS DE LUZ

Una instalación doméstica de luz, pues, será aquella que permita al usuario de una vivienda disponer de corriente para la iluminación de la misma y además para poder conectar aparatos de distinta índole mediante la distribución conveniente de enchufes o tomas de corriente, sin excluir la existencia de aparatos de señalización acústica o visual.

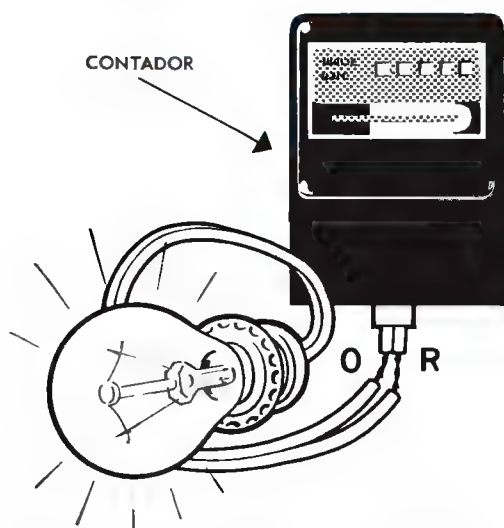
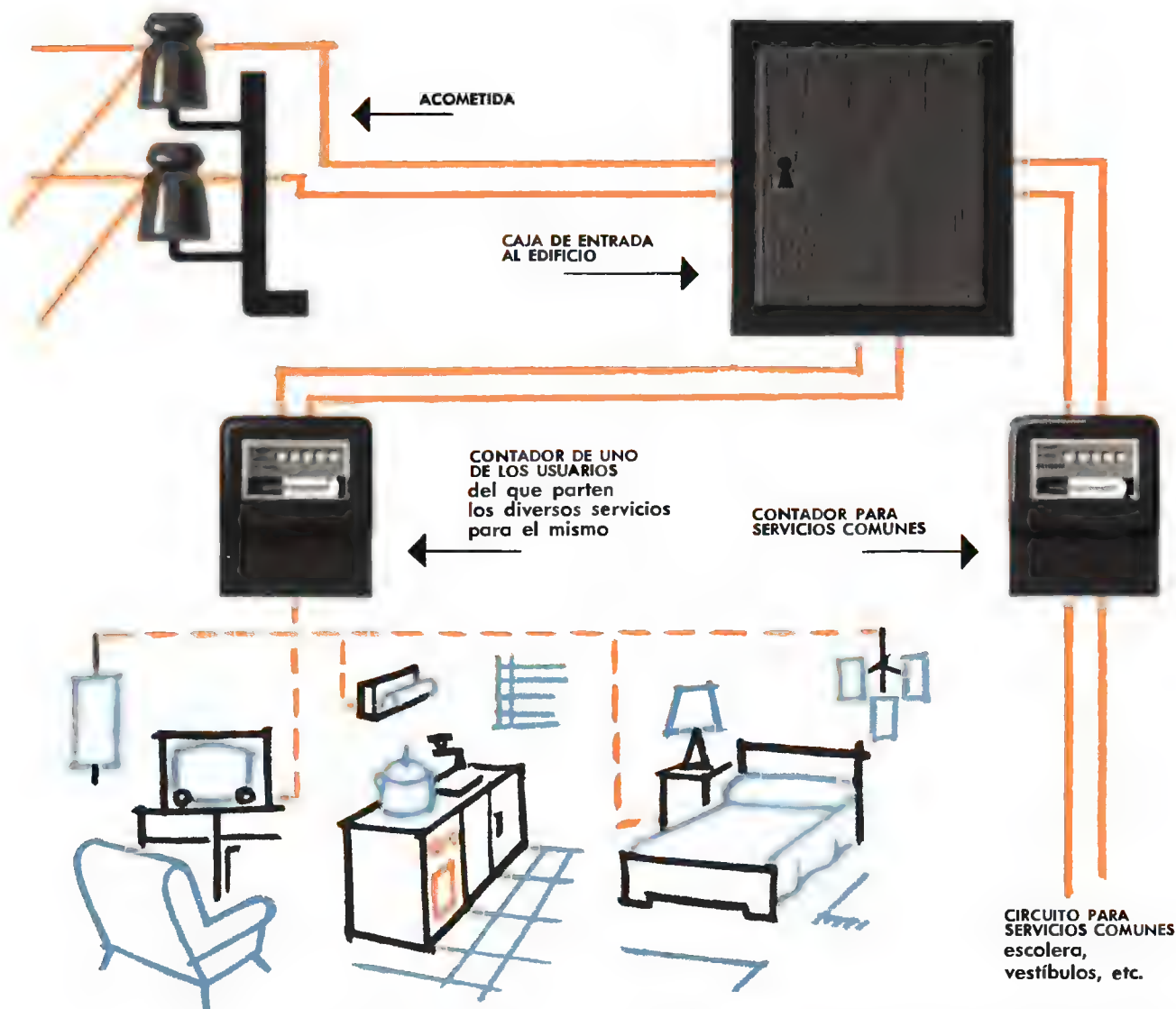
Como punto de partida debemos suponer que en las inmediaciones de la casa existe una línea

capaz de suministrar corriente al edificio. Esta primera toma de corriente será la que nos alimente toda la instalación interior.

Cuando en un mismo edificio se encuentran ubicadas dos o más viviendas existe un circuito de uso común para abastecer aquellos servicios vecinales imprescindibles: iluminación de vestíbulos, timbres, etc.

Vamos a dibujar un esquema donde resumiremos los distintos circuitos a tener en cuenta:





A la salida del contador tenemos el arranque de la línea general formada por los conductores R y O.

Empezaremos el estudio de la instalación representada por líneas de trazos que implica una suposición previa: que a la entrada de la vivienda se ha situado un contador en cuya salida tenemos corriente. Es decir: si a este contador le conectamos una bombilla, se encenderá. Los dos cables de salida del contador son el principio de la línea general, cuyos conductores representaremos *siempre* por las letras R y O. Con ello, ya sabe que si en un esquema aparecen dos conductores señalados R, O, debe interpretar que se trata de una línea general, o sea, de aquella línea conductora que lleva la corriente por toda la casa y a partir de la cual podremos iniciar las derivaciones convenientes a cada caso de instalación que nos propongamos realizar.

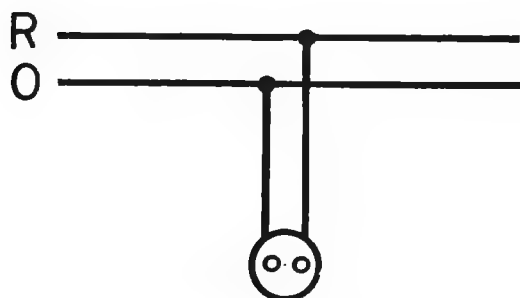
R \_\_\_\_\_  
O \_\_\_\_\_



## INSTALACION DE UN ENCHUFE

Usted ya sabe que un conductor lo representamos por una simple línea, como también que un enchufe, una bombilla, un interruptor y un fusible (elementos con los que vamos a trabajar) tienen su correspondiente símbolo.

Ahora suponga que en una habitación de la casa necesitamos disponer de una toma de corriente (enchufe) donde poder conectar una plancha eléctrica. Se impone una derivación de la línea general. Esta derivación, en esquema, será como indica la figura.

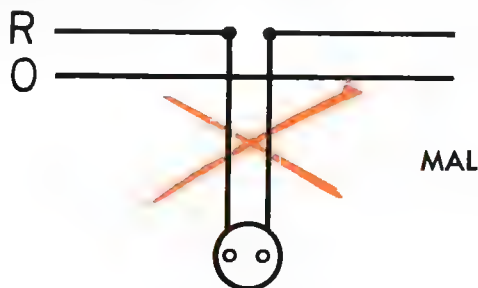


Observe que se trata de una conexión en paralelo con la línea general, puesto que empalmamos un cable de la derivación de uno de los de la línea general. Podemos conectar un enchufe uniendo cada extremo de la derivación a uno de sus bornes de conexión.

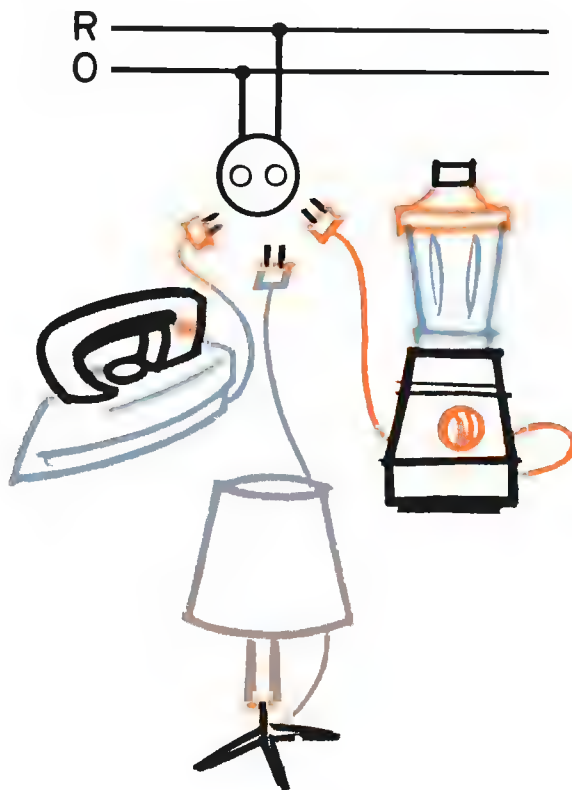
Ya hemos instalado un enchufe. Pero sólo hemos visto la representación esquemática de esta instalación. Usted se preguntará si tal representación es suficiente y casi seguro que su autorrespuesta será negativa: usted se dirá que le faltan los conocimientos prácticos, digamos manuales para convertir estos esquemas en realidades.

## LO QUE NUNCA DEBE HACER

Cuando trate de empalmar un enchufe a una línea general mediante una derivación de la misma, lo que nunca debe hacer es una conexión en serie con uno de los conductores de la línea. Los

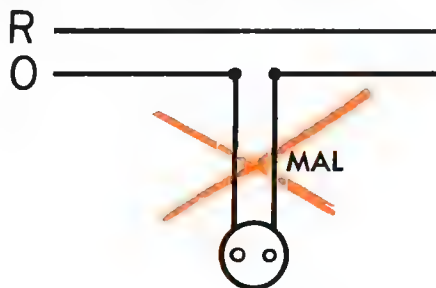


Ciertamente es así. Por ello queremos aclarar este punto, diciéndole que el estudio práctico que corresponde a los esquemas de instalaciones primarias que ahora comentamos es tema que trataremos con la debida amplitud en lecciones venideras. De momento, estudiamos la instalación de tomas de corriente y puntos de luz sólo en sus esquemas.



**La instalación de un enchufe representa disponer de una fuente de corriente donde puede conectarse un aparato consumidor.**

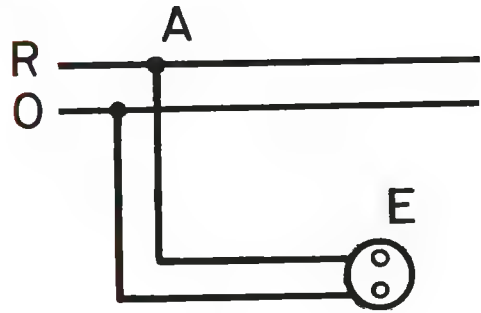
esquemas que tachamos con una cruz representan las soluciones erróneas al caso que estamos comentando. Por favor: no haga jamás lo que simbolizan estos falsos esquemas.



## INSTALACION DE DOS O MAS ENCHUFES

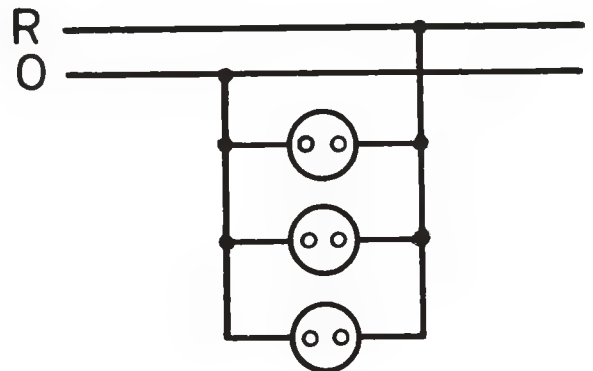
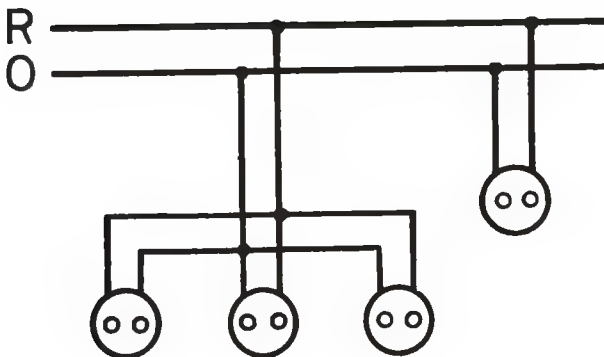
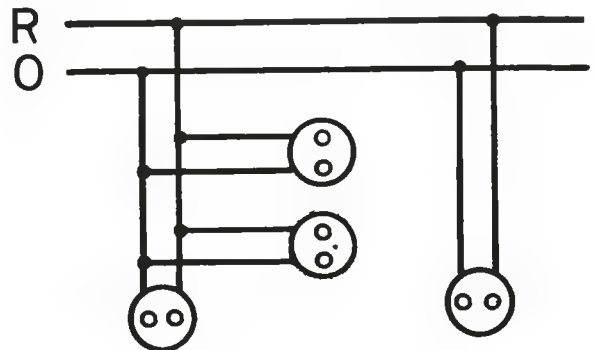
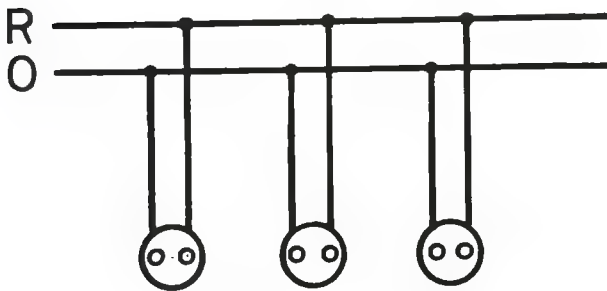
La instalación de dos o más enchufes admite distintas soluciones, de las cuales se adoptará la más conveniente según la distribución que estos enchufes deban tener dentro de la habitación donde deban instalarse. Daremos los esquemas teóricos, puesto que los esquemas prácticos de estas instalaciones dependerán de cada instalación particular: amplitud del espacio, mayor o menor separación de los enchufes según a qué función se destinen, cosa que también condicionará el tipo de aparellaje, etc.

Interesa que se dé cuenta de que estas instalaciones que vamos a esquematizar a continuación, son posibles gracias a que en la línea general tenemos corriente en todos sus puntos. Observe que, en realidad, la derivación A, E del gráfico marginal, no es otra cosa que la prolongación de la línea general. Los conductores O, R, se prolongan hasta E; y si en los puntos de conexión hay



corriente (la hay puesto que se trata de una línea general), también llegará hasta los bornes del enchufe E y hasta el aparato que a ellos podamos enchufar.

Teniendo en cuenta todo lo que llevamos dicho, el problema de la instalación de dos o más enchufes puede quedar solucionado de las siguientes maneras:



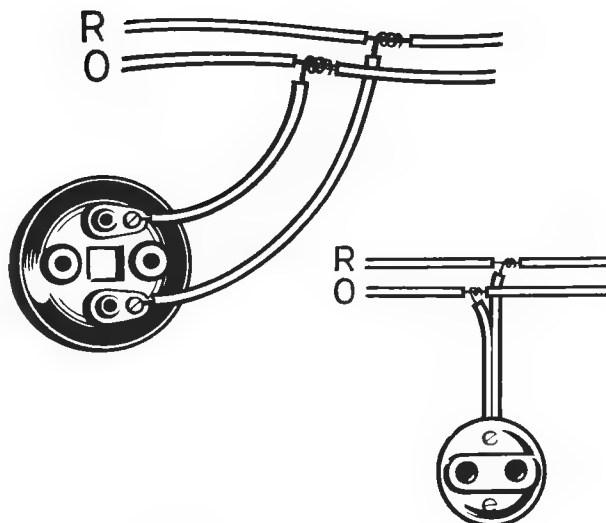
Estos esquemas no son únicos, sino que admiten infinidad de variaciones. Pero el camino seguido por la corriente es siempre una prolongación de la línea general.

## ESQUEMA PRACTICO DE LA INSTALACION DE UN ENCHUFE

Aunque hemos dicho que la realización práctica de estos esquemas primarios no es tema de esta lección, tampoco estará por demás que a título orientativo demos el esquema práctico de la instalación de un enchufe. Quizás así se borren posibles dudas sobre el significado real de los esquemas planteados.

RECUERDE QUE LOS CONDUCTORES QUE SALEN DE LOS BORNES DEL ENCHUFE DEBEN CONECTARSE UNO EN CADA CONDUCTOR DE LA LÍNEA GENERAL.

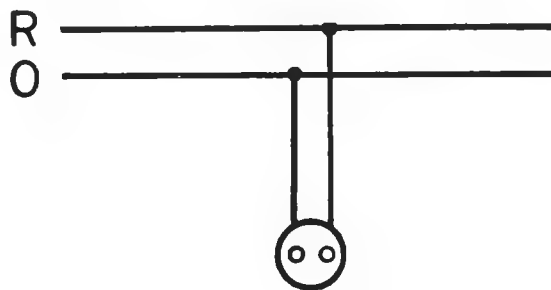
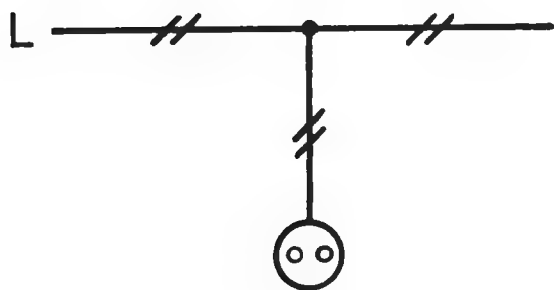
La solución práctica es la que enseñan los dibujos, teniendo en cuenta que las conexiones deben recubrirse con cinta aislante.



## ESQUEMA UNIPOLAR DE INSTALACION DE UN ENCHUFE

Si quiere representar la instalación de un enchufe por medio de un esquema unipolar (o unifilar, que es lo mismo), deberá hacerlo como indica el dibujo que sigue, en el cual, para mayor claridad, hemos añadido el correspondiente esquema teórico.

Observe cómo, en realidad, indicamos con los dos pequeños trazos cruzados al conductor representado, que tal conductor debe doblarse. Se trata de un simbolismo que nos permite simplificar el esquema. Los dos pequeños trazos significan dos conductores, nada más.



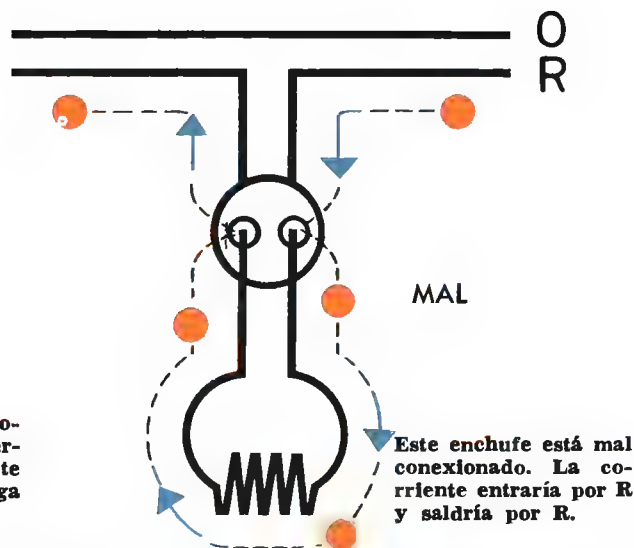
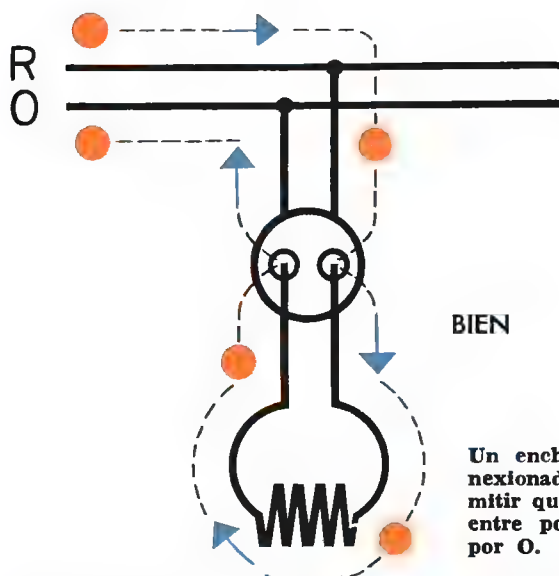
## COMO SABER SI UN ENCHUFE ESTA BIEN CONEXIONADO CONEXIONES SEPARADAS

Ante la duda de haber o no conexionado bien un enchufe a una línea general, es muy práctico hacerse mentalmente una pregunta:

Suponiendo que las conducciones no son cables (o hilos) sino tubos, si una bola entrase por el conductor R, ¿saldría por O después de haber atravesado un receptor cualquiera enchufado al enchufe?...

Vea las ilustraciones correspondientes y comprenderá la utilidad de este símil de la bola.

Siempre que la corriente salga de R y entre por O el enchufe estará bien conexionado. Insistimos sobre este particular porque en casos muy especiales puede convenir que los puntos de conexión de las derivaciones de la línea general estén separados. Hasta aquí hemos supuesto que los



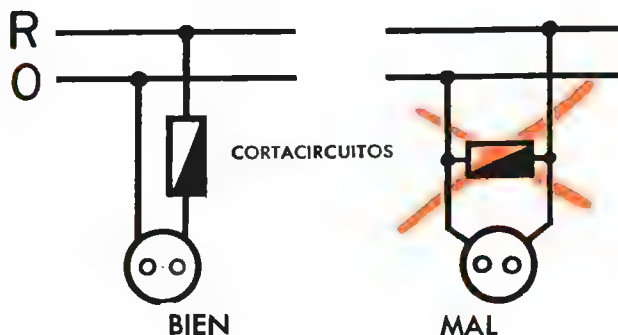
dos puntos de conexión están el uno al lado del otro, como es normal y casi siempre conveniente. Sin embargo, no habría inconveniente alguno en conectar un conductor del enchufe al conductor R de la línea en un determinado sitio y conectar

el otro al conductor O en un punto muy separado del anterior. No es lo normal, lo repetimos, pero si en un caso especialísimo se presenta esta coyuntura, mientras la corriente salga de R para entrar por O, la conexión será correcta.

## CORTACIRCUITOS EN UN ENCHUFE

Supongamos que a un enchufe debe conectarse un aparato que aconseja proteger el enchufe mediante un fusible. El esquema teórico de tal instalación será normal, pero intercalando en uno de los conductores que salen del enchufe el correspondiente cortacircuitos.

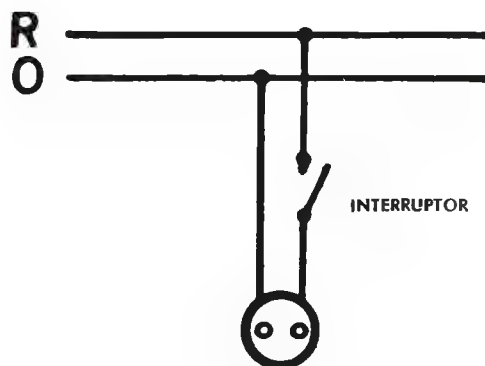
El cortacircuitos siempre debe intercalarse en serie con uno de los conductores, NUNCA EN DERIVACIÓN ENTRE ELLOS, ya que provocaría un cortocircuito al facilitar el paso de la corriente directamente de R a O.



## INTERRUPTOR EN UN ENCHUFE

En casos muy especiales, se instala un interruptor junto al enchufe para poder controlar el paso de la corriente sin necesidad de quitar la clavija del enchufe. Decimos que en casos muy especiales porque si bien no hay ningún inconveniente técnico que nos prive de ello, ¡en absoluto! en la práctica resulta una operación innecesaria.

Veamos, ahora, la solución de uno de estos casos especiales. El esquema demuestra cómo el interruptor queda intercalado en una de las conducciones que llevan la corriente al enchufe. Así, en el supuesto de que tengamos conectado un aparato o una bombilla, podremos encenderla o apa-

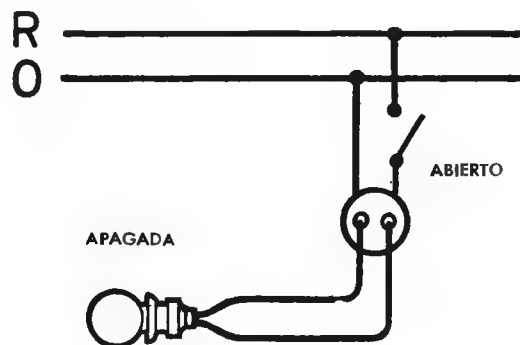
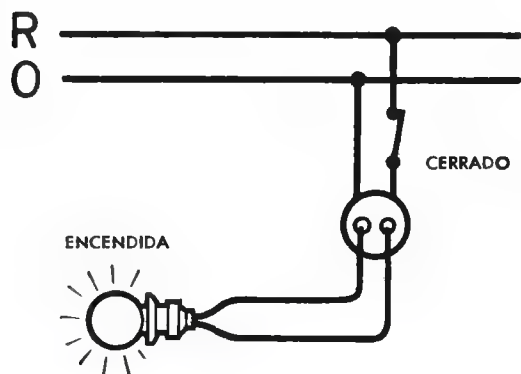




garla accionando el interruptor y sin necesidad de tocar la clavija.

Quitar o poner una clavija a su correspondiente base de enchufe es algo que no comporta nin-

guna dificultad. Por otra parte, la mayoría de aparatos que se conectan a un enchufe ya acostumbran a llevar su propio interruptor; de ahí la inutilidad de otro.



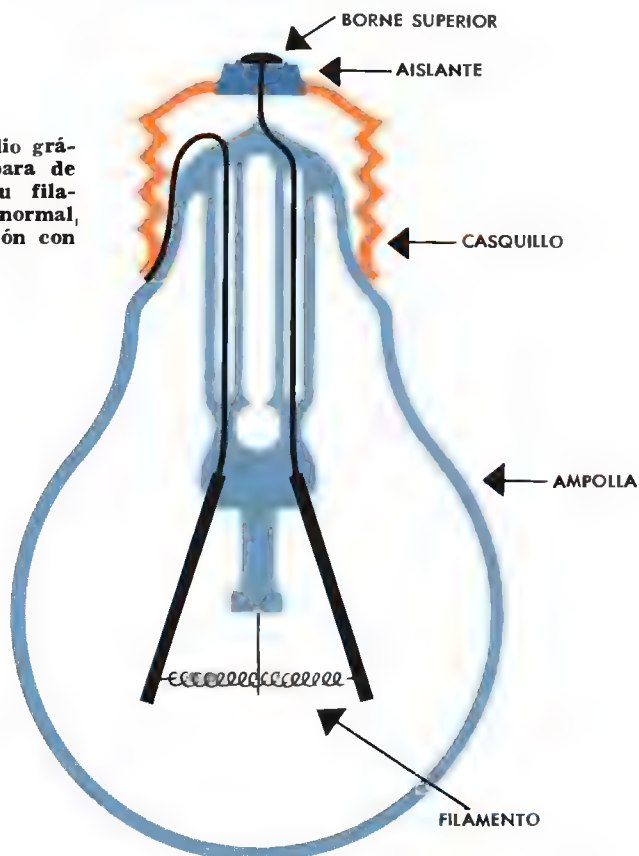
## INSTALACION DE UNA LAMPARA

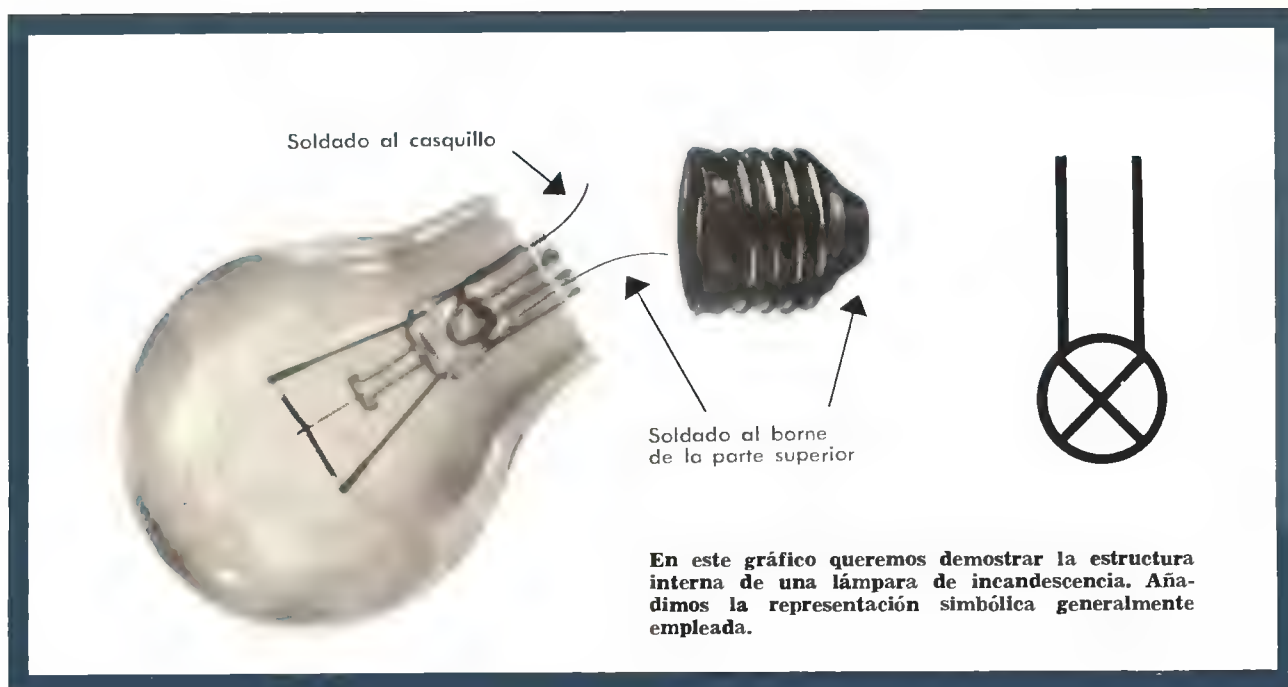
Empecemos por una aclaración: cuando hablemos de una lámpara, nos referiremos a una lámpara de incandescencia normal y corriente, con su casquillo, su filamento y su ampolla de vidrio. Existen otros tipos de lámparas de instalación más compleja y que deberemos estudiar en el momento oportuno, como por ejemplo, la lámpara luminiscente.

Una lámpara se enciende porque por su filamento se hace pasar una corriente eléctrica. Para ello, naturalmente, debe prolongarse este filamento de forma que sea posible conectar sus extremos a una línea general. Veamos cómo es una lámpara incandescente y fácilmente comprendemos la mecánica de su instalación



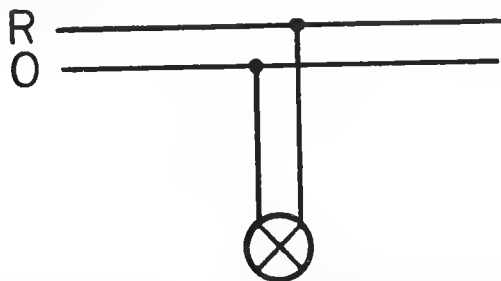
Fotografía y estudio gráfico de una lámpara de incandescencia. Su filamento, por lo normal, queda en derivación con la línea.



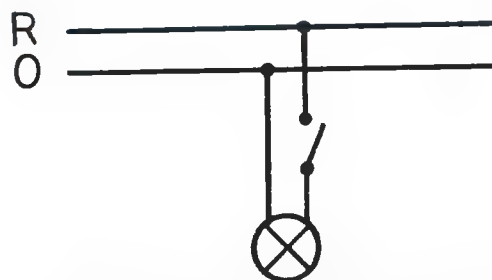


Del borne superior sale una de las prolongaciones del filamento y del casquillo la otra.

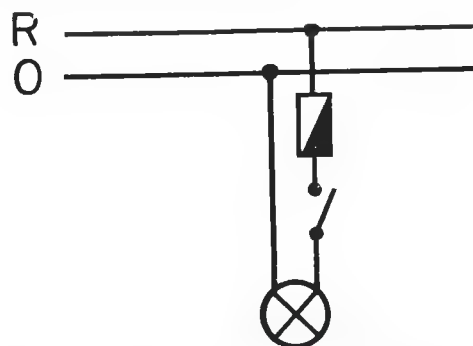
Conociendo la representación simbólica de una lámpara, será fácil deducir el esquema primario de la instalación de un punto de luz por medio de una de ellas. Será la misma instalación de un enchufe, pero sustituyendo tal enchufe por una lámpara.



Claro que en este caso nos encontraremos con el inconveniente de que la lámpara, por estar conectada a la línea general, permanecerá constantemente encendida, obligándonos a la instalación de un interruptor para encenderla y apagarla a voluntad.



Lo que es menos frecuente es la instalación de un cortacircuitos. De todas formas y por si en algún caso pudiera interesar, también damos el esquema de su instalación.

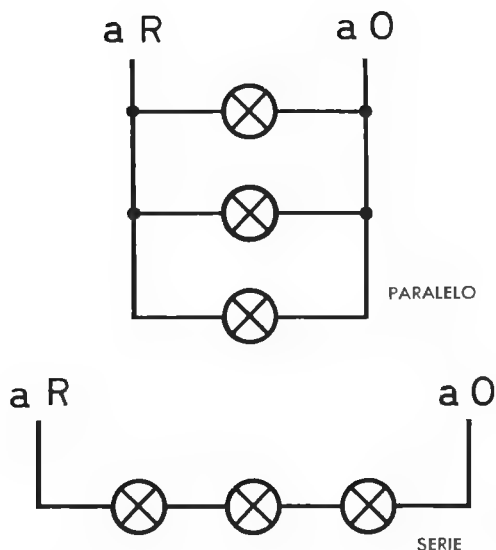


## INSTALACION DE VARIAS LAMPARAS EN PARALELO O DERIVACION

La instalación de varias lámparas es un estudio que requiere un poco de atención; no porque el problema en sí resulte difícil, sino porque pueden presentarse multitud de casos que siendo parecidos son fundamentalmente distintos.

Como en el caso de las resistencias (ya hemos dicho que una lámpara, al fin y al cabo no es más que una resistencia) distinguiremos entre conexiones en serie y conexiones en paralelo.

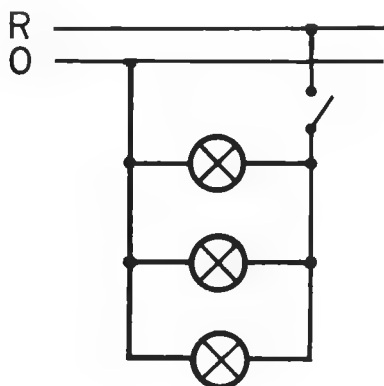
Nos ocuparemos, en principio, de las con-



#### INSTALACIÓN DE VARIAS LÁMPARAS EN PARALELO CON MANIOBRA CONJUNTA

Supongamos, por ejemplo, que nos proponemos instalar tres lámparas en paralelo de modo que se enciendan y se apaguen todas al mismo tiempo.

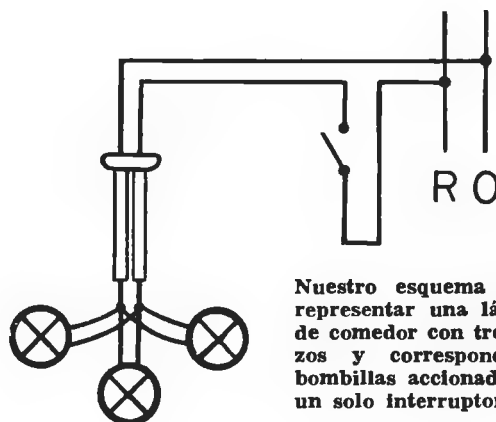
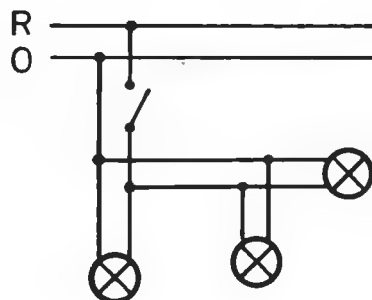
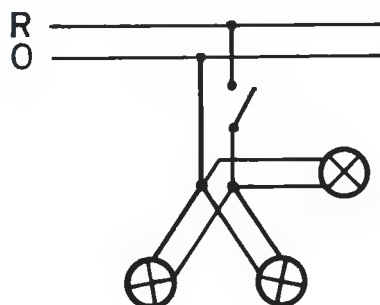
Se comprende fácilmente que al cerrar el circuito, cuando el interruptor permita el paso de la corriente, actuamos conjuntamente sobre las tres lámparas y éstas se encenderán al mismo tiempo.



Este esquema corresponde a una instalación que puede adoptar formas reales muy distintas según sea la situación de las lámparas. Los dos esquemas que damos a continuación, por ejemplo, representan instalaciones que desde un punto de vista teórico son exactamente iguales que la que representa el esquema anterior.

xiones en paralelo, ya que las conexiones de bombillas en serie son casos especiales que deberemos dejar para más adelante, por no tener aplicación en instalaciones domésticas.

A continuación vamos a ver los esquemas de distintas instalaciones de lámparas, esquemas que corresponderán a casos muy concretos. Pero, antes, quizás resulte conveniente insistir sobre el hecho de que un esquema técnico es la representación de una instalación teniendo en cuenta *única y exclusivamente* el aspecto teórico de la misma, sin tener en cuenta la trayectoria real que deban seguir los conductores ni la situación de los distintos elementos que puedan figurar en el circuito.

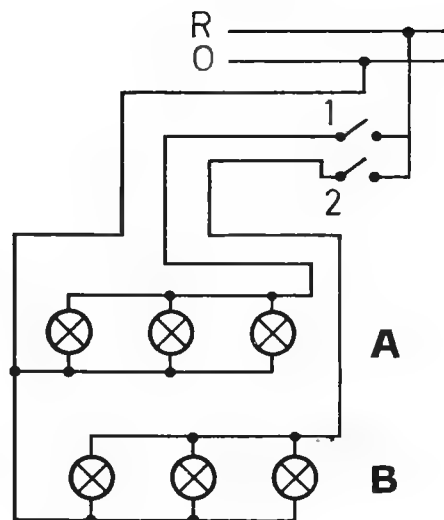
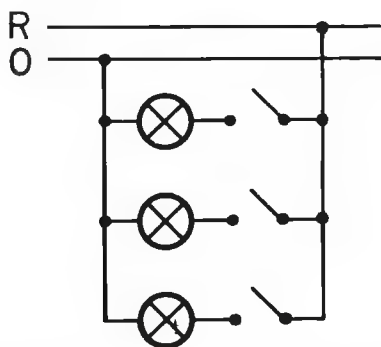


Nuestro esquema puede representar una lámpara de comedor con tres brazos y correspondientes bombillas accionadas por un solo interruptor.

## INSTALACIÓN DE VARIAS LÁMPARAS EN PARALELO O GRUPOS DE ELLAS CON MANIOBRA INDIVIDUAL

Observe cómo en este caso la corriente de la línea general sólo llegará a cada una de las lámparas cuando su correspondiente interruptor cierre el circuito por el camino que conducirá la corriente hacia ella.

Podemos considerar un caso derivado del anterior. Es aquel en que en vez de una sola lámpara en cada sección del circuito, consideramos un grupo.

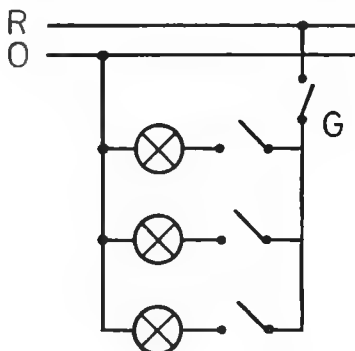


Este esquema puede representar una lámpara con seis brazos instalada de modo que puedan gobernarse de tres en tres. Al manobrar el interruptor 1, actuamos sobre el grupo A, que se enciende. Al manobrar el interruptor 2, actuamos sobre el grupo B.

## INSTALACIÓN DE VARIAS LÁMPARAS EN PARALELO CON MANIOBRA MIXTA

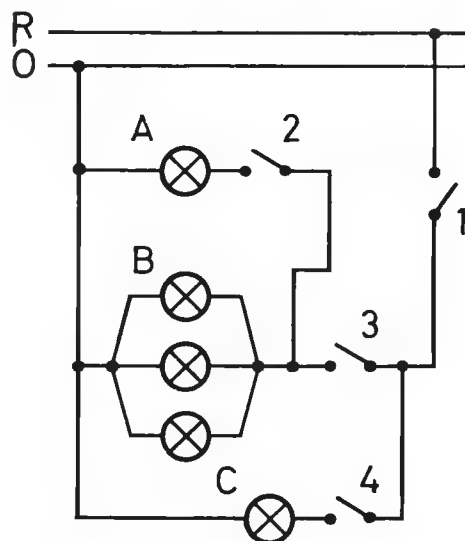
Este es un caso que se da con poca frecuencia, pero que es interesante desde un punto de vista técnico.

Observe que las lámparas no podrán encenderse por más que maniobremos su interruptor particular si antes no se ha cerrado el circuito actuando sobre el interruptor general G. Ya hemos dicho que este caso es poco frecuente, pero podemos encontrarlo en escuelas, bibliotecas, talleres y en general en aquellos lugares en los que existen mesas, pupitres o tableros para distintos trabajos con luz individual. En una escuela, por ejemplo, cada alumno puede disponer de su lámpara cuando le parezca oportuno, siempre y cuando



do el maestro o encargado del aula haya manobrado el interruptor general.

Este caso admite múltiples variantes, de las que presentamos dos con la seguridad de que usted será capaz de interpretar perfectamente los esquemas.



El interruptor 1 actúa sobre todo el sistema.  
El interruptor 2 actúa sobre la lámpara A.  
El interruptor 3 sobre la lámpara A y el grupo B.  
El interruptor 4 sobre la lámpara C.



## CALCULO DE RESISTENCIAS

Si tiene presente nuestro primer capítulo de prácticas, recordará que dijimos entonces que sería el capítulo de la ilusión, allí donde dejaríamos las cuestiones teóricas para adentrarnos en los secretos del taller y sus herramientas, gustando el placer de sentirnos constructores.

Sin embargo, en esta lección dejaremos de lado las herramientas y cómodamente sentados trabajaremos como verdaderos técnicos.

Ante tal afirmación, cabe preguntarse si el título tiene justificación. La respuesta es categóricamente afirmativa, por cuanto los temas que vamos a tratar son temas prácticos. Lo que ocurre es que existe una cierta confusión acerca de lo que debe entenderse por prácticas. La opinión más generalizada identifica las prácticas con aquellos trabajos de taller que requieren el uso de herramientas. Es decir: no hay práctica si no existe una actividad manual.

Esta idea es exacta mientras no se rebasen las

actividades del operario, pero es falsa en cuanto entramos en el campo de acción del técnico. Para el técnico las prácticas no consisten únicamente en adquirir la habilidad manual que le permita efectuar buenos montajes, sino que, sin menospreciar las prácticas de taller, cuyo valor profesional es enorme, añade otro tipo de prácticas: las que podríamos llamar *prácticas de papel y lápiz*, propias del despacho y de la oficina técnica.

A este tipo de práctica va dedicado nuestro capítulo. Y conste que no por ello vamos a negar nuestra primera afirmación: seguimos diciendo que estos capítulos deben ser los de la ilusión. Usted mismo, poco a poco y a medida que vaya adentrándose en el estudio de la electricidad, cuanto más la comprenda, más se aficionará a este tipo de temas prácticos que si bien se apartan del concepto manual, que es el más generalizado, son el punto de partida de toda instalación y de todo montaje.

## CASOS PRACTICOS

Nuestro capítulo de electrotecnia trata ampliamente del cálculo de resistencias. El tema es primordial para el técnico; es absolutamente necesario plantear una serie de problemas que le fuercen a trabajar con resistencias, a calcularlas y, sobre todo, a comprender que lo estudiado desde un punto de vista teórico tiene su aplicación práctica.

Ahora vamos a solucionar una serie de cálculos de resistencias, pero antes de empezar quisiéramos que se situara dentro del problema general del cálculo de un circuito. Debe pensar que los problemas que vamos a solucionar forman parte de un problema más amplio que consiste en conocer todas las características técnicas de un circuito; ese conocimiento nos permite deducir cuál es el material más idóneo para montarlo. ¿Comprende?.. Uno de los pasos que deben lle-

varnos a este conocimiento total del circuito es el cálculo de su resistencia.

Vamos a dedicarnos a ello planteando algunos casos prácticos.

Puesto que se trata de cuestiones prácticas, empezaremos por facilitar los cálculos dando dos tablas imprescindibles: Una tabla con la resistencia de los cuerpos de mayor uso en electricidad y con los coeficientes de temperatura para poder calcular las variaciones de la resistencia de los conductores según las variaciones de temperatura a que se hallen sometidos.

Ya con estas tablas por delante podemos atrevernos a solucionar los siguientes casos de cálculo de resistencias que aún vamos a facilitar más, añadiendo una tabla que nos relacione diámetros y secciones.

## RESISTIVIDAD EN $\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{mm}^2$ y $\Omega \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^2$ y COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Metal	$\rho$	$\rho'$	Coefficiente de temperatura
Plata	0,016	0,0000016	0,0038
Cobre	0,017	0,0000017	0,0039
Aluminio	0,028	0,0000028	0,0037
Cinc	0,056	0,0000056	0,0039
Hierro puro	0,105	0,0000105	0,0048
Hierro en hilos	0,132	0,0000132	0,0048
Platino	0,106	0,0000106	0,0030
Oro	0,024	0,0000024	0,0034
Níquel	0,1	0,00001	0,0050
Estaño	0,139	0,0000139	0,0036
Mercurio	0,942	0,0000942	0,0009

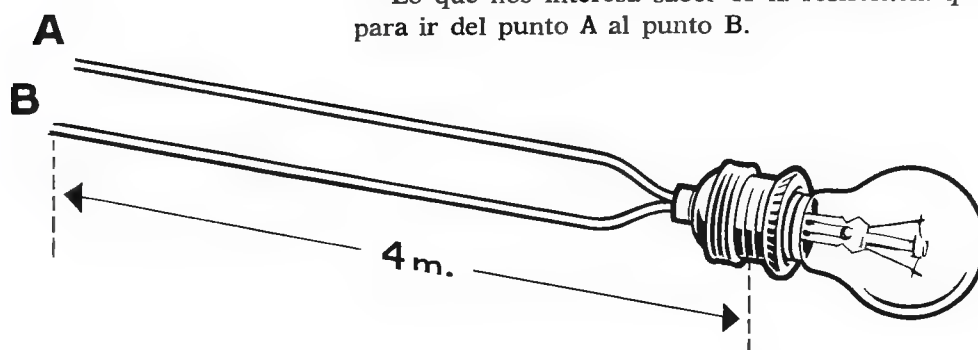
Metal	$\rho$	$\rho'$	Coefficiente de temperatura
Plomo	0,204	0,0000204	0,0037
Wolframio	0,054	0,0000054	0,0040
Carbón	50,—	0,0050	0,0004
Mélchort	0,30	0,000030	0,0003
Manganina	0,42	0,000042	Nulo
Niquelina	0,47	0,000047	0,0002
Constantán	0,50	0,000050	Casi cero
Nicrom	1,—	0,0001	0,00017
Kruppina	0,85	0,000085	0,0007
Bronce	0,091	0,0000091	0,0020
Latón	0,080	0,0000080	0,0015

### PRIMER CASO

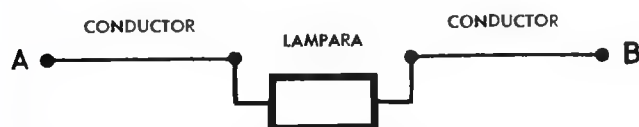
Debemos calcular la resistencia conjunta de una bombilla y un conductor, de acuerdo con los datos indicados en el dibujo.

Se nos dice que el conductor es de cobre de  $1 \text{ mm}^2$  de sección y que la bombilla tiene una resistencia de  $801 \Omega$ .

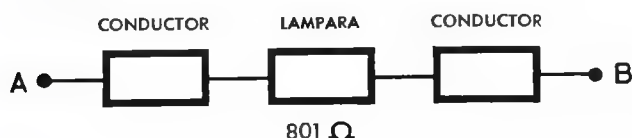
Lo que nos interesa saber es la resistencia que debe vencer la corriente para ir del punto A al punto B.



La bombilla la consideramos una resistencia intercalada a dos conductores que, en definitiva y de acuerdo con la naturaleza del problema, serán sendas resistencias. Ello permite que modifiquemos el esquema en el sentido de representarlo como tres resistencias en serie:



Vamos a solucionar el problema empezando por trazar el esquema del circuito, que será el siguiente:

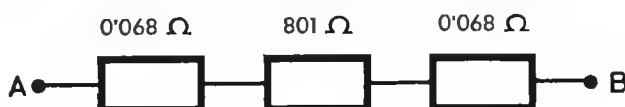


La resistencia de la bombilla nos es conocida, faltándonos calcular la resistencia de los dos conductores. Vamos a ello:

Tratándose de conductores de cobre podemos tomar una resistividad de  $0'017$  con lo cual, aplicando la fórmula de la resistencia, tendremos para cada conductor una resistencia de:

$$R = 0'017 \frac{4}{1} = 0'068 \Omega$$

Por tanto, el esquema anterior se completa añadiendo el valor de las tres resistencias:



Al tratarse de resistencias en serie, la reducida será la suma de todas ellas:

$$R_t = 0'068 + 801 + 0'068 = 801'136 \Omega$$

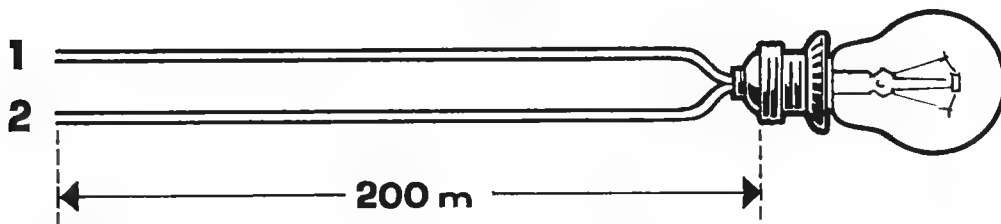
Puede comprobar que, en este caso, la resis-

tencia de los conductores es prácticamente despreciable a efectos prácticos. Es muy poco el incremento de la resistencia para que en una instalación normal pueda afectar al circuito.

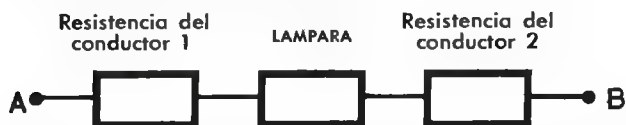
## SEGUNDO CASO

En la instalación de una bombilla, precisamos dos ramales de conductor de 200 m cada uno. La bombilla tiene una resistencia de  $600 \Omega$  y las circunstancias que concurren en el circuito no permiten que su resistencia total sea superior a los  $610 \Omega$ . ¿Qué sección deberemos dar a los conductores sabiendo que deben ser de aluminio?

El caso es éste:



Podemos hacer el esquema pertinente, que será el de tres resistencias en serie.



La resistencia total deberá ser de  $610 \Omega$ , de los cuales  $600$  corresponden a la bombilla. Luego, los dos conductores deberán tener una resistencia de  $610 - 600 = 10 \Omega$ . Cada conductor, pues, deberá tener una resistencia de  $10:2 = 5 \Omega$ .

En definitiva: se trata de buscar la sección de un conductor que con  $200 \text{ m}$  de longitud tenga  $5 \Omega$

de resistencia. El conductor, lo repetimos, será de aluminio, cuya resistividad es  $0'028$ . Aplicaremos la correspondiente fórmula:

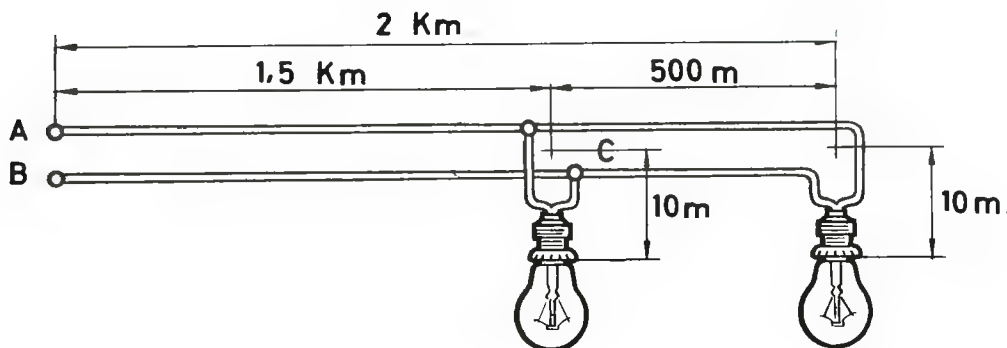
$$S = \rho \frac{l}{R}$$

$$S = 0'028 \frac{200}{5} = 1'12 \text{ mm}^2$$

Podemos asegurar que con conductores de  $1'12$  milímetros cuadrados de sección la resistencia total del conjunto será de  $610 \Omega$ , siempre que los conductores sean de aluminio.

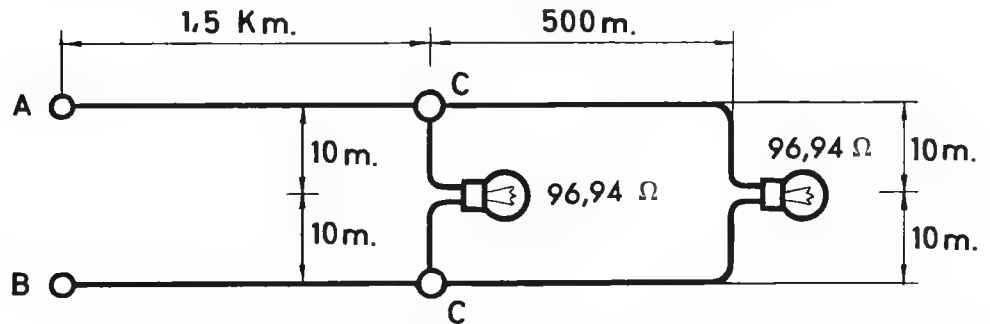
## TERCER CASO

En una carretera encontramos la siguiente instalación:

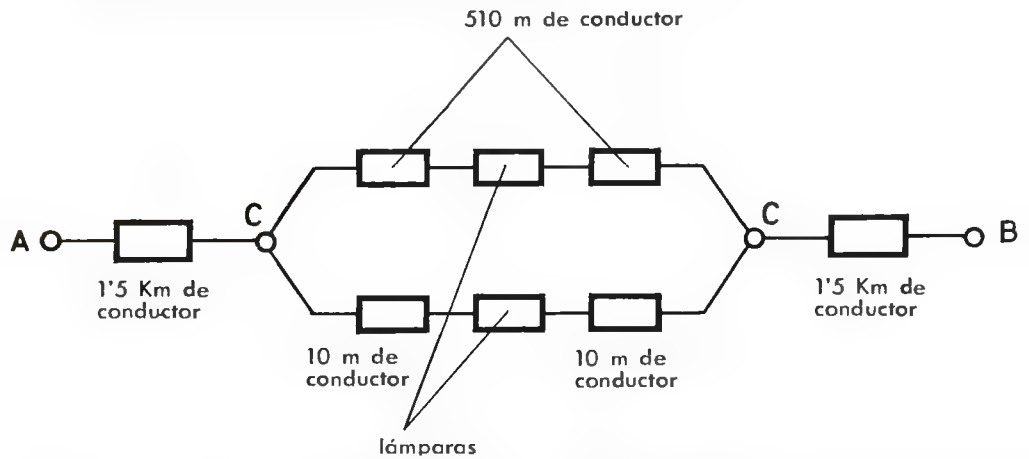


Sabiendo que las dos lámparas son iguales con una resistencia de  $96,94 \Omega$  cada una y que la resistencia del conductor es de  $0,003 \Omega$  por metro, ¿cuál será la resistencia entre los puntos A y B?

Como siempre, empezaremos por plantearnos la instalación de forma más simplificada: el esquema. En realidad se trata de esta instalación:



Tal esquema, reducido a otro que nos demuestre el sistema de resistencias de que se trata, será el siguiente:



Las resistencias de cada tramo de conductor, sabiendo que por cada metro debemos contar con  $0,003 \Omega$  de resistencia, serán:

TRAMO DE 1,5 KM.

Su longitud en metros será:  $1,5 \times 1000 = 1500 \text{ m}$ .

Por lo tanto, su resistencia será de:  $R = 1500 \times 0,003 = 4,5 \Omega$ .

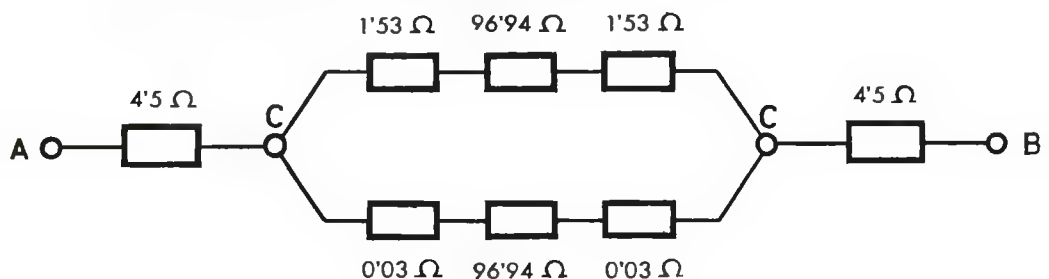
TRAMO DE 510 M.

La resistencia de estos tramos será:  $R = 510 \times 0,003 = 1,53 \Omega$ .

TRAMO DE 10 M.

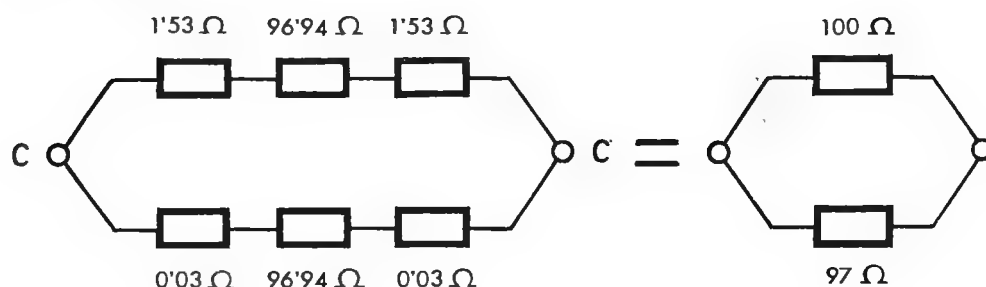
Una multiplicación nos dará la resistencia:  $R = 10 \times 0,003 = 0,03 \Omega$

De acuerdo con estos valores, tendremos un esquema de resistencias que será el siguiente:





De tal esquema empezaremos por calcular la reducida entre los puntos C-C, que será:



$$R_{C-C} = \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{1}{97}} = \frac{1}{0'01 + 0'0103} = 49'2 \Omega$$

Nuestro esquema ha quedado reducido a tres resistencias en serie... cuya reducida tendrá el siguiente valor:

$$R_t = 4'5 + 49'2 + 4'5 = 58'2 \Omega.$$

Hasta aquí hemos trabajado con resistividades tomadas considerando el primer valor de la tabla. Es decir: son resistencias específicas dadas en  $\Omega \text{ mm}^2 - \text{m}$ , o sea, ohmios de resistencia por metro de longitud y milímetro cuadrado de sección. Observe que en la tabla existe otro valor representado por  $\rho$ . ¿Cuál es el origen de este nuevo valor de la resistividad?... Es muy sencillo:

La resistividad de una sustancia, si bien se acostumbra a calcular por  $\Omega \text{ mm}^2 - \text{m}$ , algunas veces resulta más práctico considerarla por  $\Omega \text{ cm} - \text{cm}^2$ . Es decir: podemos considerar que la resistencia específica de un conductor es aquella resistencia que corresponde a un trozo de este conductor cuya longitud es de 1 cm y cuya sección es de 1  $\text{cm}^2$ . El concepto es el mismo, pero considerando distintas unidades de longitud y sección: el cm y el  $\text{cm}^2$ .

Anote esta diferencia, antes de seguir con nuestros casos prácticos:

CUANDO LA LONGITUD DEL CONDUCTOR SE DA EN METROS Y LA SECCIÓN EN  $\text{mm}^2$ , EL VALOR DE SU RESISTIVIDAD ES EL QUE CORRESPONDE A LA  $\rho$ .

CUANDO LA LONGITUD SE DA EN CM Y LA SECCIÓN EN  $\text{cm}^2$ , LA RESISTIVIDAD CORRESPONDE A LOS VALORES DE  $\rho'$ .

Un ejemplo nos aclarará el concepto.

Hallar la resistencia de un conductor de cobre de 5  $\text{mm}^2$  de sección y 12 m de longitud.

SOLUCIÓN 1. Utilizando  $\rho$ .

Deberemos poner la longitud en metros y la sección en  $\text{mm}^2$ .

$$R = 0'017 \frac{12}{5} = 0'0408 \Omega$$

SOLUCIÓN 2. Utilizando  $\rho'$ .

Para una resistividad dada en  $\text{cm} - \text{cm}^2$ , deberemos poner la longitud en cm y la sección en  $\text{cm}^2$ . Será:

$$L = 12 \text{ m} = 12 \times 100 = 1.200 \text{ cm}.$$

Y la sección en  $\text{cm}^2$ :

$$S = 5 \text{ mm}^2 = 5 : 100 = 0'05 \text{ cm}^2$$

La resistencia, pues, será:

$$R = 0'0000017 \frac{1200}{0'05} = 0'0408 \Omega$$

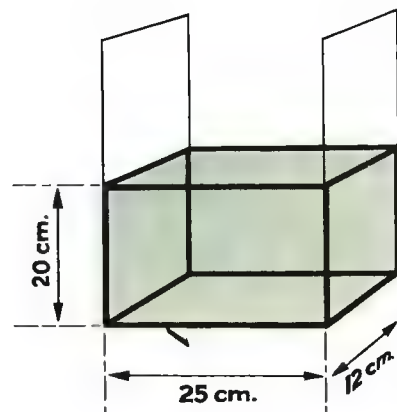
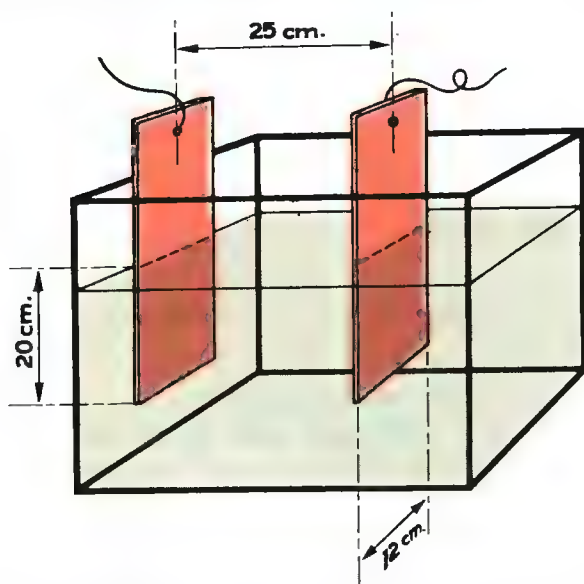
Naturalmente, el resultado es exactamente el mismo.

## RESISTIVIDADES DE ALGUNAS DISOLUCIONES EN $\Omega \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^2$

%	ácido nítrico	ácido sulfúrico	ácido clorhídrico	sulfato de cinc	sulfato magnésico	sulfato de cobre	cloruro sódico	hidróxido sódico
5	3,9	4,8	2,6	52,1	38	53,3	15	5,12
10	2,2	2,6	1,6	31,1	—	31,4	7,66	3,22
15	1,6	1,9	1,4	24,1	21	23,9	6,15	2,90
20	1,4	1,5	1,7	21,5	—	—	5,16	3,08
25	1,3	1,4	1,4	20,9	24	—	4,72	3,71
30	1,3	—	1,5	—	—	—	—	4,99
35	1,3	—	1,7	—	—	—	—	6,70
40	1,4	1,5	2,0	—	—	—	—	8,70
50	1,6	1,9	—	22,6	—	—	—	—
60	2,0	2,7	—	—	—	—	—	—
70	2,6	4,7	—	—	—	—	—	—
80	3,8	9,9	—	—	—	—	—	—

### CUARTO CASO

En un recipiente lleno de una disolución de sulfato de cobre al 15 % se introducen 20 cm de dos placas de cobre cuya anchura es de 12 cm. Entre las dos placas hay una separación de 25 cm. Debemos hallar la resistencia que encuentra la corriente para pasar de una placa a otra.



La corriente, para pasar de una placa a la otra, debe atravesar una columna de líquido de 25 cm de longitud (la separación entre placas) y cuya sección es la de un rectángulo de  $20 \times 12$  cm. Luego, esta sección será de  $S = 20 \times 12 = 240 \text{ cm}^2$ .

Evidentemente estamos ante un caso en que deberemos emplear la ( $\Omega \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^2$ ).

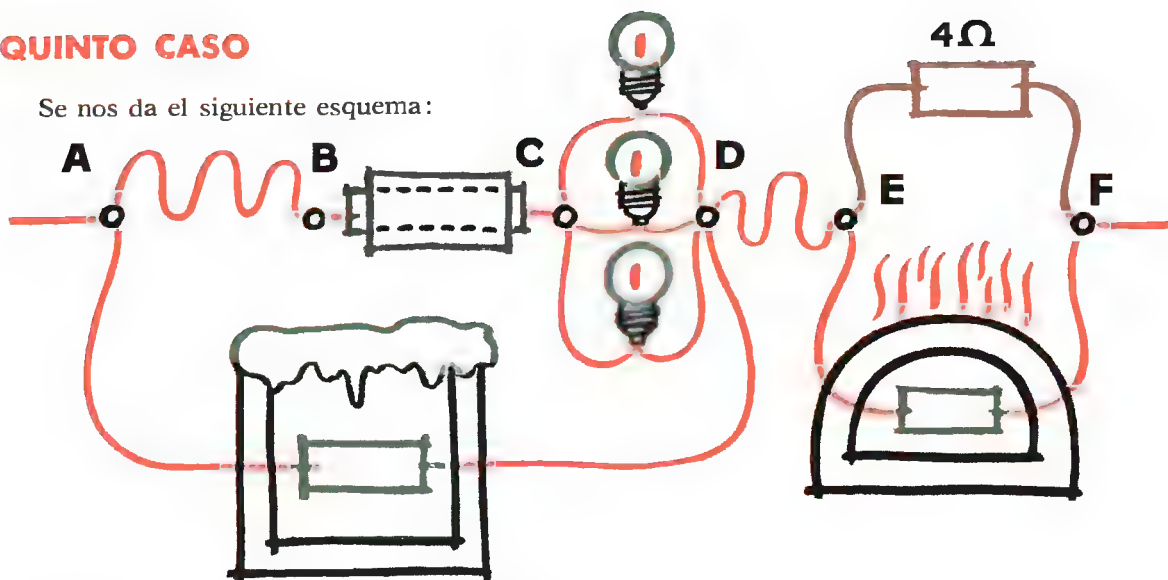
Para el sulfato de cobre al 15 %, la resistividad es  $\rho' = 23,9$ . Por lo tanto, la resistencia buscada será de:

$$R = \rho' \frac{l (\text{cm})}{s (\text{cm}^2)} = 23,9 \frac{25}{240} = 2,49 \Omega$$

Calcular la resistencia reducida de un sistema, como puede ver, nunca es un problema difícil. En todo caso, será un problema laborioso, lento, cuya única dificultad y posibilidad de error está en una posible equivocación en los cálculos. Si trabaja con calma, sin precipitaciones innecesarias y cuidando de no sufrir distracciones, estos problemas son sumamente sencillos.

## QUINTO CASO

Se nos da el siguiente esquema:



Además, se nos proporcionan los siguientes

### DATOS

Entre A y B hay un ramal de hilo de cobre de 5 mm de diámetro y 400 m de longitud.

Entre B y C hay un tubo de cristal de 40 cm de largo y cuya sección interior tiene un diámetro de 2 cm. Este tubo está lleno de una disolución de sulfato de cinc al 15 %.

Entre C y D. Tres lámparas en paralelo de 120  $\Omega$  cada una.

Entre A y D. Una resistencia de 4  $\Omega$  a 20°, introducida en un ambiente de 8° bajo cero, siendo  $\alpha = 0'0044$ .

Entre D y E. Hay 1000 m de hilo de cobre cuya sección es de 4 mm<sup>2</sup>.

Entre E y F. Tenemos una resistencia de 4  $\Omega$  en paralelo con otra resistencia de 20  $\Omega$  a 20°, situada en un ambiente de 60°, siendo  $\alpha = 0'0044$ .

Este es el caso, cuya solución implica el cálculo de varias resistencias parciales que nos son desconocidas. Supongamos que se nos pide lo siguiente:

- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| a) La resistencia entre A y C | d) La resistencia entre C y F |
| b) La resistencia entre B y D | e) La resistencia entre A y F |
| c) La resistencia entre A y D |                               |

### SOLUCIÓN

Empezaremos por encontrar las resistencias desconocidas:

Resistencia entre A y B ( $R_{A-B}$ ). Observe que se nos da el diámetro del conductor que siendo de 5 mm corresponderá a una sección de 19'62 mm<sup>2</sup>. Con ello ya podemos aplicar la fórmula de la resistencia.

$$R_{A-B} = 0'017 \frac{400}{19'62} = 0'34 \Omega$$

Resistencia entre B y C ( $R_{B-C}$ ). También aquí se nos da el diámetro del conductor que siendo de 2 cm, representa una sección de 3'142 cm<sup>2</sup>. Vi-

niendo longitud y sección en cm, lógicamente tomaremos la resistividad  $\rho' = 24,1$  para la disolución de sulfato de cinc al 15 %.

Luego esta resistencia será de:

$$R_{B-C} = 24,1 \frac{40}{3,142} = 306,8 \Omega$$

Resistencia entre C y D ( $R_{C-D}$ ). Tratándose de un sistema de tres resistencias iguales conexas en paralelo, el cálculo es simplísimo: una división.

$$R_{C-D} = \frac{120}{3} = 40 \Omega$$

Resistencia derivada entre A y D. Es la resistencia que se encuentra en un clima muy frío (a 8° bajo cero) y que deberemos calcular aplicando la fórmula que nos da la variación de la resistencia según la variación de la temperatura. Recuerde que la fórmula es ésta:

$$R_t = R_{20^\circ} - (R_{20^\circ} \times \alpha \times t_a)$$

Tomamos el signo menos por la sencilla razón de que la temperatura disminuye, ya que pasa de 20° a -8°, o sea, 8 grados bajo cero. La disminución, pues, ha sido de 28°. De acuerdo con estos valores, aplicaremos la fórmula:

$$R_{-8^\circ} = 4 - (4 \times 0'0044 \times 28) = 3'51 \Omega$$

Resistencia entre D y E (RD-E). Se nos da la longitud en metros y la sección en mm² con lo cual podemos aplicar directamente la fórmula de la resistencia.

$$R_{D-E} = 0'017 \frac{1000}{4} = 4'25 \Omega.$$

Resistencia entre E y F (RE-F). Se trata de un sistema de dos resistencias en paralelo, una de las cuales se encuentra en un medio de calor. Primero, calcularemos la resistencia que se encuentra a 60°, aplicando la fórmula correspondiente, pero teniendo en cuenta que así como antes la hemos aplicado con signo negativo (baja temperatura), ahora la aplicaremos para aumento de temperatura: con signo positivo.

$$R_{60} = 20 + (20 \times 0'0044 \times 40) = 23'52 \Omega$$

Con ello y sabiendo el valor de la otra resistencia de las dos que se encuentran entre E y F, calcularemos la reducida.

$$R_{E-F} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{1}{23'52}} = 3'41 \Omega$$

Y ahora, una vez conocidas todas las resistencias, podemos responder las propuestas del problema.

a) Resistencia entre A y C.

Son dos resistencias en serie. La resistencia, pues, será la suma de las dos consideradas en este tramo.

$$R_{A-C} = R_{A-B} + R_{B-C} = 0,34 + 306,8 = 307,14$$

b) Resistencia entre B y D. También se trata de dos resistencias en serie, puesto que ya hemos calculado el sistema de las tres bombillas en paralelo.

$$R_{B-D} = R_{B-C} + R_{C-D} = 306,8 + 40 = 346,8$$

c) Resistencia entre A y D.

Se trata de tres resistencias en serie y otra en paralelo, cuyos valores hemos calculado.

Ramal superior:

$$R_{A-D} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_{A-D}}} = \frac{1}{\frac{1}{347'14} + \frac{1}{3'51}} = \frac{1}{0'286} = 3'5 \Omega$$

d) Resistencia entre C y F. Conocemos la resistencia de los tres tramos comprendidos entre C y F, con lo cual, nos basta sumar los tres valores hallados anteriormente.

$$R_{C-F} = R_{C-D} + R_{D-E} + R_{E-F} = 40 + 4'25 + 3'41 = 47'66 \Omega$$

e) Resistencia entre A y F.

Como en el caso anterior nos bastará sumar resistencias parciales, puesto que ya conocemos la resistencia de cada uno de los tramos que componen este complejo circuito.

$$R_{A-F} = R_{A-D} + R_{D-E} + R_{E-F} = 3'5 + 4'25 + 3'41 = 11'16 \Omega$$

ESTA ES LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO.

Estos temas, enfocados así, en frío, cuando aún no hay una clara visión de lo que representa calcular un circuito y de la importancia que tal actividad tiene dentro de la electrotecnia, pueden parecer un poco aburridos. ¿Es ésta su opinión después de estudiar este capítulo? No me sorprendería una respuesta afirmativa, como tampoco me sorprendería comprobar que, poco a poco, se va aficionando a estas cuestiones que, en contra de la idea más generalizada, son plenamente temas prácticos.



# ELECTRICIDAD

**Ley de Ohm - Su estudio**

**Leyes de Kirchhoff**

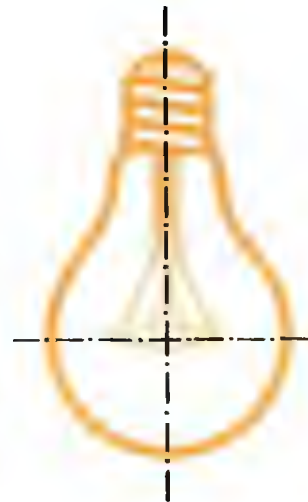
**Circuitos derivados**

**Fuerza, trabajo, potencia y  
energía**

**Potencia eléctrica - El vatio**

**Instalaciones de lámparas  
con gobiernos múltiples**

**Interpretación de esquemas**



## LECCION N<sup>o</sup> 4



Georg Simon Ohm

## LA LEY DE OHM

Cuando en 1787 nació en Erlangen (Alemania) Georg Simon Ohm, la Humanidad hizo una de esas grandes adquisiciones que se nos reservan como regalos de excepción. La inteligencia de Georg S. Ohm estaba reservada para llevar a cabo uno de los descubrimientos científicos de mayor trascendencia para el desarrollo de la entonces incipiente electricidad.

Este científico, sin embargo, no fue hombre que admirase al mundo por la espectacularidad de sus descubrimientos. Ni en ellos ni en su vida nada llama la atención por su carácter espectacular; vida que pasó en las ocupaciones propias

de director de la Escuela Politécnica de Nuremberg, cargo que ocupó en 1833 y que dejó en 1849 para desempeñar la cátedra de Ciencias Físicas en la Universidad de Munich. Este profesor y catedrático descubrió la ley básica de la electrotecnia, de enunciado simplísimo y expresada por una fórmula matemática también de una absoluta sencillez, como son la mayoría de las grandes conquistas del saber humano.

Entre los años 1825 y 1827, Ohm estudió la relación existente entre la fuerza electromotriz, la intensidad y resistencia que afectan la corriente eléctrica de un circuito, y llegó a la conclusión

de que los tres valores estaban relacionados según esta expresión:  $E = I \times R$ .

Esta ley, quizás por su misma falta de complicación, fue acogida con absoluto escepticismo en los ambientes científicos de la época; sin embargo, poco a poco, fue creciendo el interés por ella al comprobar que, efectivamente, daba plena respuesta a muchísimos problemas hasta entonces irresolubles.

Georg Simon Ohm, murió en Munich el año 1854.

Por su valor teórico y enorme importancia

práctica, la ley de Ohm merece un detenido estudio que nos lleve a su total comprensión y dominio. Gracias al conocimiento de esta ley es factible el cálculo de cualquier circuito y su realización práctica. Así, por ejemplo, algo tan fundamental como determinar el tipo de conductores y de aparata que requieren las instalaciones, depende de la intensidad que circule por ellas, intensidad cuyo valor conoceremos gracias a una aplicación directa de la ley de Ohm. El cálculo de la intensidad de un circuito que sólo tenemos planteado en esquema es un caso característico de aplicación de la ley de Ohm.

## ESTUDIO DE LA LEY DE OHM

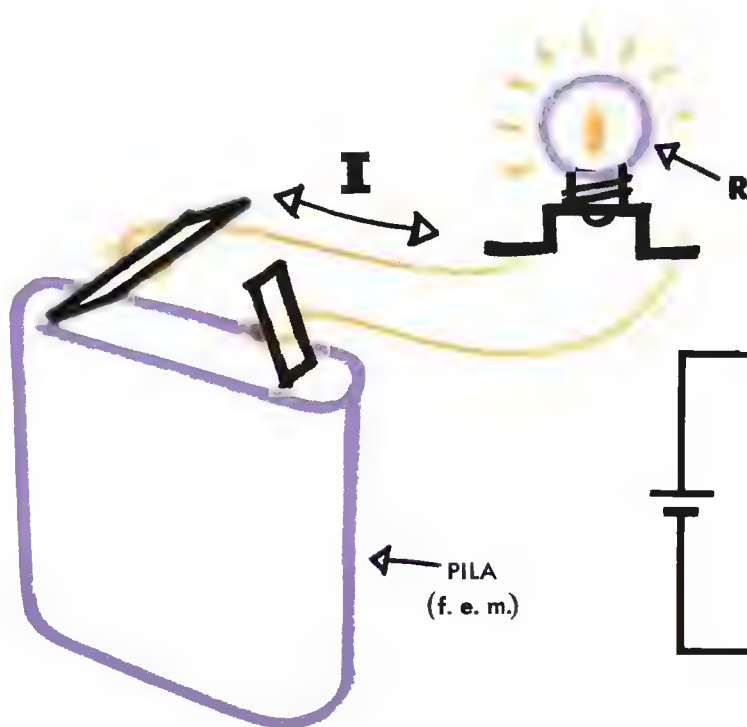
El estudio de esta ley, evidentemente, podría reducirse a su enunciado final y a recomendarte que guarde en la memoria su fórmula enseñándole su correcta aplicación, según se tratase de calcular voltajes, intensidades o resistencias.

Y en realidad, no es otro el resultado que pretendemos: que sepa valerse de la ley de Ohm. Pero vamos a conseguirlo dando un pequeño rodeo.

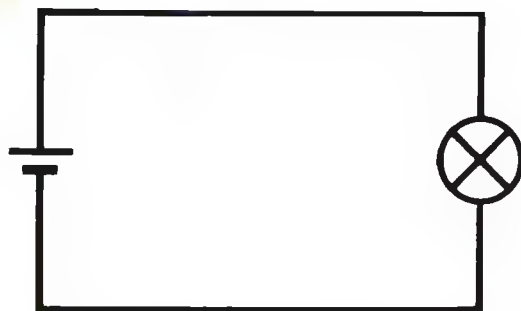
Quien sigue unos estudios técnicos, forzosamente debe tener una cierta inquietud científica, inquietud que nos lleva a un análisis de las cosas, a no aceptar un resultado sin mediar un previo razonamiento que nos demuestre su verdad.

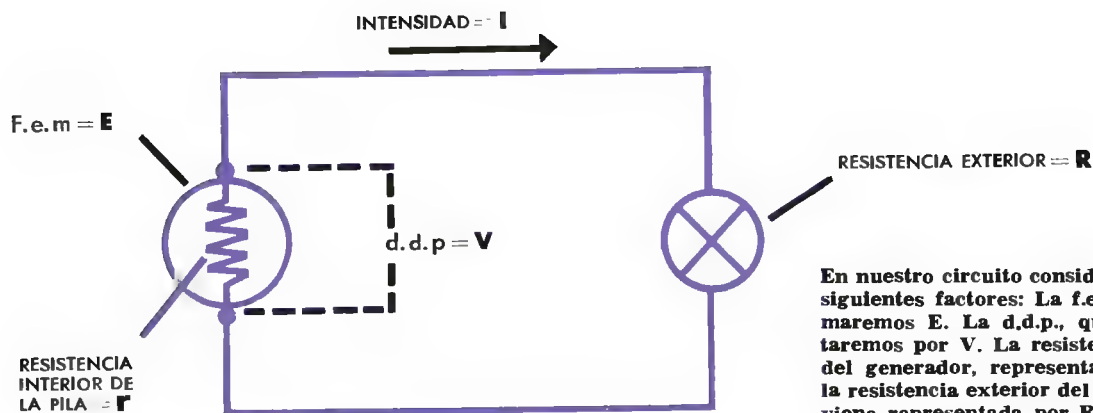
Meditemos, pues:

Supongamos un circuito primario formado por una pila, un conductor y una resistencia que podemos identificar con una lámpara incandescente. En la pila se produce una f.e.m. que es causa de la d.d.p. que aparece en sus bornes; eso debe recordarlo. Ahora bien, como el interior del generador no deja de ser un medio conductor y como todo conductor tiene resistencia, cuando tratemos de conocer la resistencia total del circuito, evidentemente deberemos contar con lo que llamaremos *resistencia interna* del generador. Para que la corriente atraviese el generador, debe consumirse parte de su f.e.m., razón por la que la d.d.p. que aparece en los bornes es inferior



Debemos considerar de nuevo un circuito primario formado por un generador de f.e.m. y una resistencia debidamente conectada a los bornes del mismo. El esquema del circuito es el que figura al pie.





En nuestro circuito consideraremos los siguientes factores: La f.e.m., que llamaremos  $E$ . La d.d.p., que representaremos por  $V$ . La resistencia interna del generador, representada por  $r$ ; y la resistencia exterior del circuito, que viene representada por  $R$ . La intensidad de la corriente es  $I$ .

a la f.e.m. del generador, aunque en la práctica puede considerarse que la d.d.p. que aparece en los bornes de una pila es igual a su f.e.m.

Pero ajustémonos a la realidad científica y digamos que nuestro generador tiene una resistencia interna igual a  $r$ , en cuyo caso el circuito que estudiamos se convierte en un circuito con una resistencia externa a la que hemos llamado  $R$ , con un generador cuya f.e.m. es  $E$ , en cuyo interior medimos una resistencia  $r$  y en cuyos bornes aparece una d.d.p. de  $V$  voltios.

En este circuito se cumple: LA F.E.M. ( $E$ ), DADA EN VOLTIOS, ES IGUAL A LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO MULTIPLICADA POR LA INTENSIDAD QUE CIRCULA POR ÉL.

Éste es el enunciado de la ley de Ohm.

Observe que se habla de *resistencia total* del circuito; que en nuestro caso, suponiendo que los conductores carecen de resistencia, sería  $r + R$  (resistencia interna más resistencia exterior). Si representamos la intensidad por  $I$ , la expresión matemática de la ley de Ohm será ésta:

$$E = I (r + R)$$

Fíjese en una cosa: la resistencia interna del generador y la resistencia exterior están en serie, por lo que podemos afirmar que la resistencia total es igual a la suma de ambas. Dese cuenta de que los conocimientos van encadenados unos a otros; cada eslabón es un paso más a añadir en esta cadena de conceptos básicos que forman la ciencia de la electricidad.

Sigamos:

La fórmula anterior puede escribirse así:

$$E = Ir + IR$$

(Recuerde que cuando entre dos cantidades literales, o sea cantidades simbolizadas por letras,

se suprime todo signo de operación se sobrentiende que se trata de una multiplicación entre ellas. Así,  $Ir$  es lo mismo que  $I \times r$ .)

Al producto  $Ir$  (intensidad multiplicada por la resistencia interna del generador) se le denomina *caída interior* de la pila; la diferencia entre esta caída interior y la f.e.m. es precisamente la d.d.p. manifestada en los bornes.

$$E - Ir = \text{d.d.p.} = V \text{ (d.d.p. o voltaje)}$$

Según eso, podemos escribir:

$$E - Ir = IR$$

Y siendo  $E - Ir$  igual a  $V$ , tendremos esta expresión:

$$V = I \times R \quad (I)$$

EL PRODUCTO DE LA RESISTENCIA DE UN CIRCUITO POR LA INTENSIDAD QUE POR ÉL CIRCULA ES IGUAL AL VOLTAGE MANIFESTADO EN LOS EXTREMOS DE DICHA RESISTENCIA.

Para que se cumpla este enunciado, la d.d.p. o voltaje ( $V$ ) debe medirse en voltios, la intensidad en amperios y la resistencia en ohmios. Con ello podemos afirmar que en la práctica se cumple siempre que:

$$\text{VOLTIOS} = \text{AMPERIOS} \times \text{OHMIOS}$$

No olvide esta igualdad, que deberá manejar constantemente:  $V = I \times R$ . De ella deducimos otras dos igualdades, que nos dan la intensidad y la resistencia:

$$I = \frac{V}{R} \quad (II)$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (III)$$



Quizás convenga hacer un breve resumen para acabar de fijar estas ideas en la mente, al tiempo que le pedimos un pequeño esfuerzo para memo-

rizar las tres fórmulas fundamentales de la ley de Ohm. Apréndalas de memoria, reténgalas, no las olvide nunca.

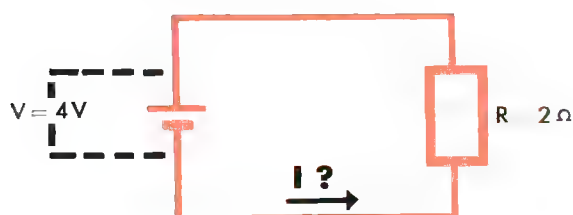
## RESUMEN

Fórmula I	$V = I \times R$ O sea: voltios igual a amperios por ohmios.
Fórmula II	$I = \frac{V}{R}$ O sea: amperios igual a voltios divididos por ohmios.
Fórmula III	$R = \frac{V}{I}$ O sea: ohmios igual a voltios divididos por amperios.

## APLICACION DE LA LEY DE OHM EN UN CIRCUITO SIMPLE

Para percatarnos más directamente del valor de estas fórmulas vamos a proponerle algunos ejemplos muy elementales, por medio de los cuales podremos comprobar el sistema más directo para conocer mediante cálculo el voltaje, la intensidad o la resistencia, cuando conocemos cualesquiera otros dos de estos factores.

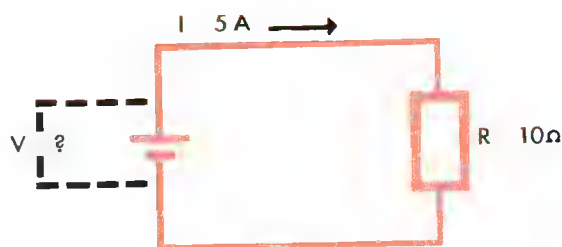
Sea un circuito con un generador entre cuyos bornes medimos una d.d.p. de 4 V y cuya resistencia es de  $2\Omega$ . Evidentemente nos falta conocer la intensidad. ¿Cómo calcularla...?



La fórmula II de nuestro anterior resumen de la ley de Ohm da la relación entre los dos datos (voltaje y resistencia) y la incógnita que pretendemos conocer. Según ella, operaremos de la siguiente manera:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4}{2} = 2 \text{ A}$$

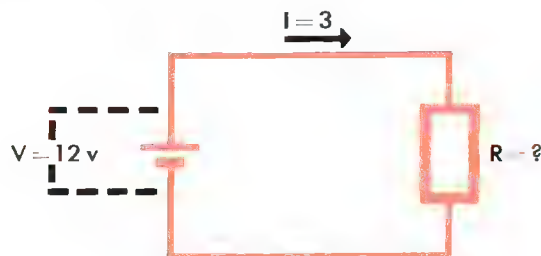
Supongamos ahora que en el mismo circuito anterior se ha variado la resistencia, aumentándola hasta  $10\Omega$ . Con este valor medimos una intensidad de 5 A para la intensidad que pasa por el circuito. Nos preguntamos: ¿Cuál es el voltaje que tenemos en los bornes del generador? Porque al variar la intensidad y la resistencia, también habrá variado la d.d.p.



No hay duda de que si conocemos la intensidad y la resistencia, conoceremos el voltaje por la fórmula I.

$$V = I \times R = 5 \times 10 = 50 \text{ V}$$

Digamos, finalmente, que el circuito está alimentado por un generador que proporciona un voltaje de 12 V y que por él circula una intensidad de 3 A. Según estos datos, ¿qué resistencia exterior se ha intercalado al circuito?



Deberemos aplicar la fórmula III, puesto que en ella viene dado el valor de la resistencia en función del voltaje y la intensidad.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{3} = 4 \Omega$$

Centremos nuestra atención en la fórmula II y veamos las variaciones de la intensidad según se produzca un aumento en el voltaje o un aumento en la resistencia.

Sabemos que el valor de un quebrado aumenta a medida que el numerador se hace mayor o a medida que disminuye su denominador; y puesto que la intensidad viene dada por el valor del quebrado formado por el voltaje (numerador) y la resistencia (denominador), podemos afirmar que al aumentar el voltaje también aumentará la

intensidad siempre, claro, que consideremos una resistencia constante.

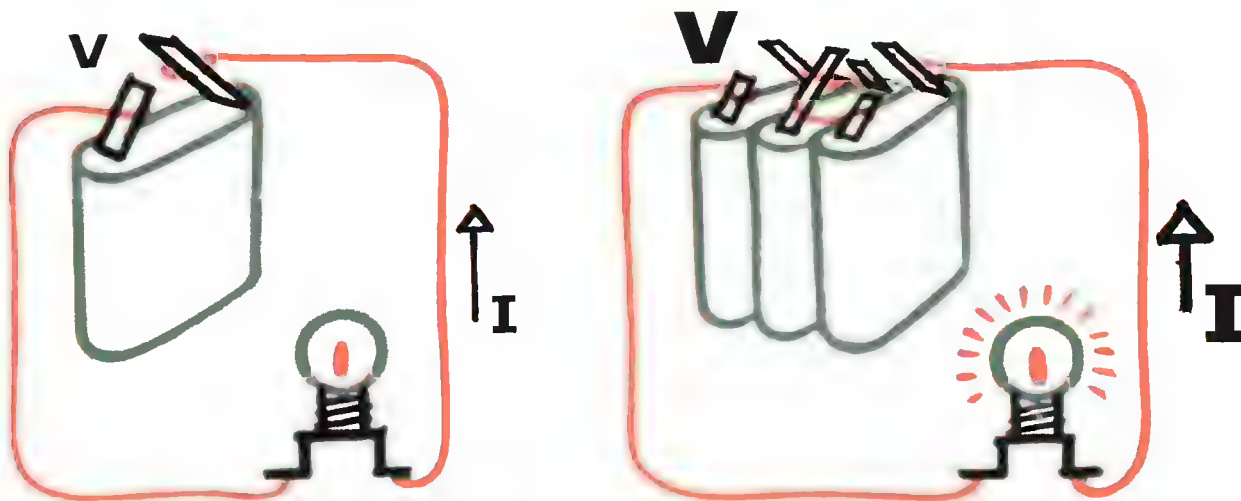
Si es el voltaje lo que permanece estable, a mayor resistencia tendremos una intensidad menor, y con una disminución de la resistencia aumentará la intensidad.

Es decir: resumiendo con un mínimo de palabras podemos afirmar lo siguiente:

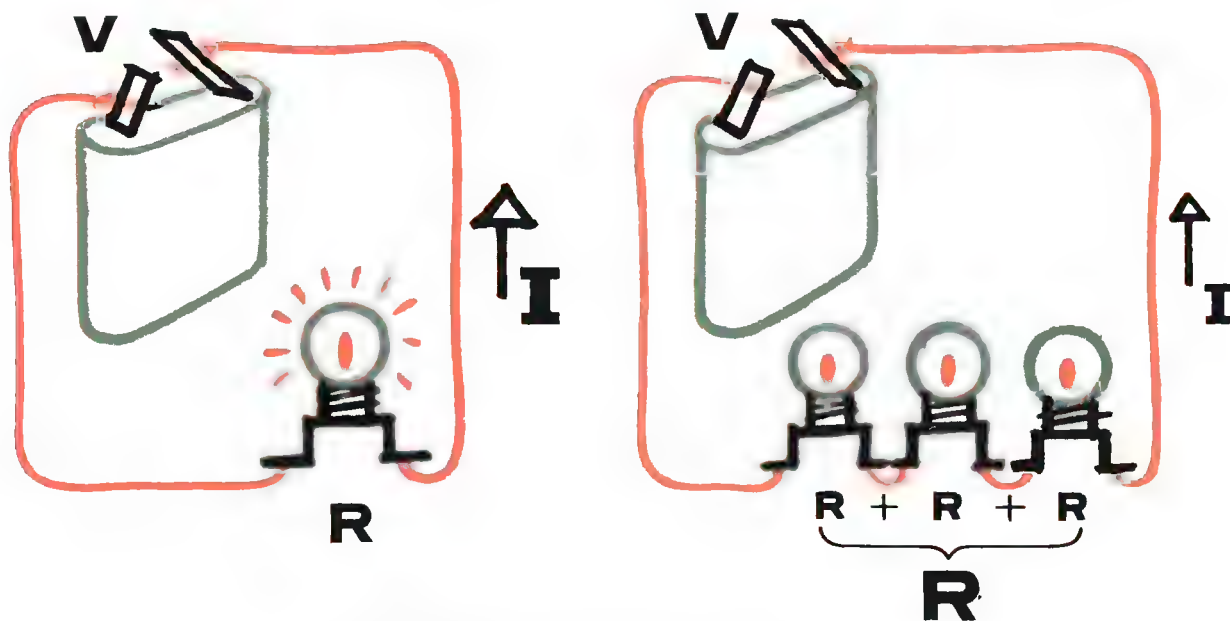
A MÁS VOLTIOS, MÁS AMPERIOS.

A MÁS OHMIOS, MENOS AMPERIOS.

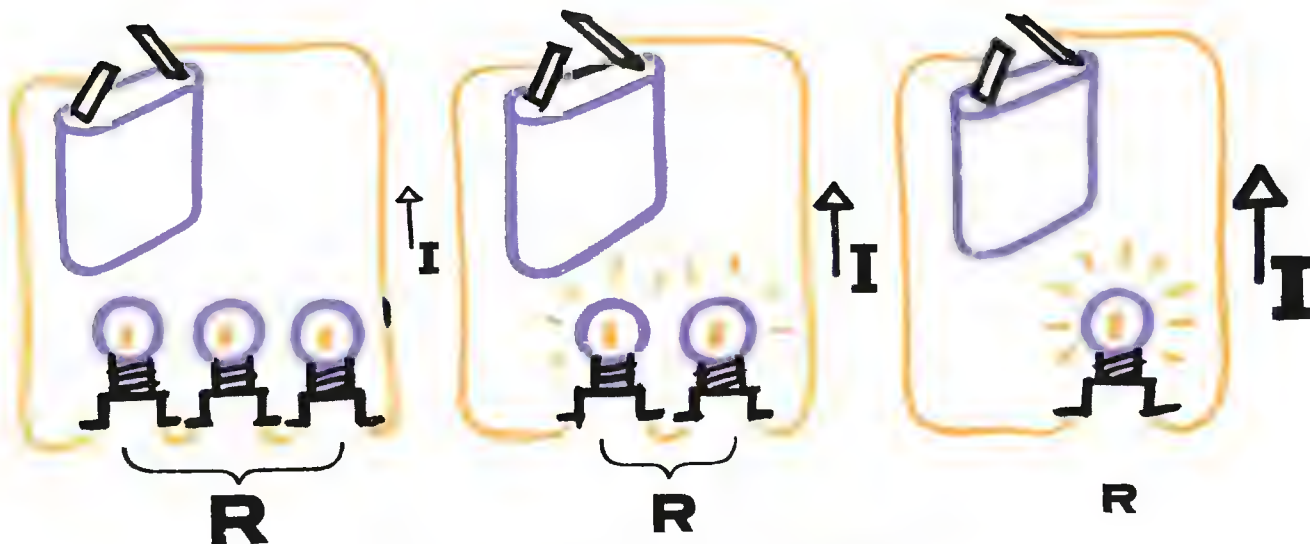
A MENOS OHMIOS, MÁS AMPERIOS.



A MAS VOLTIOS, MAS AMPERIOS

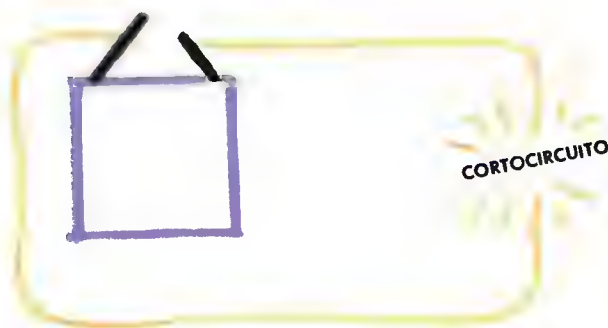


A MAS RESISTENCIA, MENOS INTENSIDAD



A MENOS RESISTENCIA, MAS INTENSIDAD

Se comprende que cuando el voltaje es considerable una disminución excesiva de la resistencia puede provocar un cortocircuito, ya que tal disminución significa un aumento automático de la intensidad.



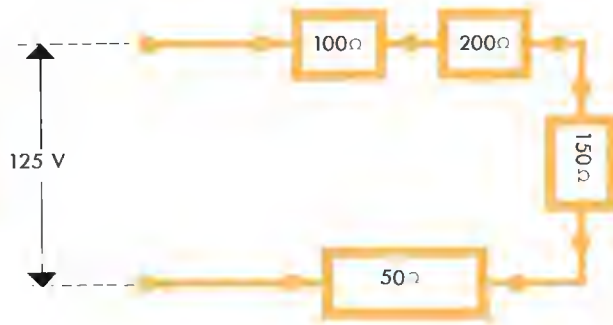
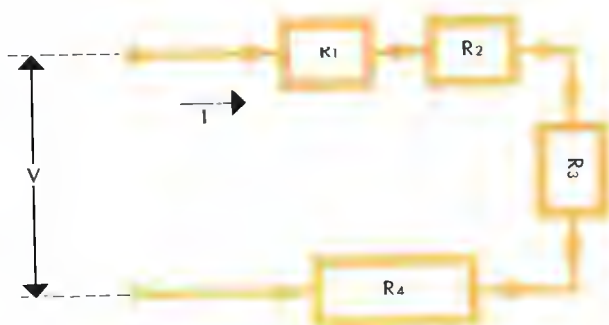
## LA LEY DE OHM EN LOS CIRCUITOS SERIE

Después de haber considerado el caso más simple de aplicación de la ley de Ohm, vamos a enfrentarnos con un circuito serie que, para generalizar, supondremos formado por cuatro resistencias en serie conectadas a dos puntos de una red entre los cuales medimos una d.d.p. de  $V$  voltios. Las resistencias serán  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$  aunque el número de ellas no implica ninguna complicación a no ser el aumentar el número de operaciones requeridas para el cálculo del circuito.

La pluralidad de elementos del circuito (resistencias) complica, ciertamente, los cálculos; pero se dará cuenta de que en realidad se trata de cálculos preparatorios para llegar a la aplicación directa de una de las fórmulas de la ley de Ohm.

Veamos, pues, la solución de nuestro circuito serie, que tendrá distintos enfoques según los datos a manejar y según las incógnitas a resolver.

Supongamos primero que son conocidos el vol-



taje y las resistencias. Sea  $V = 125$  voltios y sean los siguientes valores para las resistencias:

$$R_1 = 100\Omega; R_2 = 200\Omega; R_3 = 150\Omega; R_4 = 50\Omega.$$

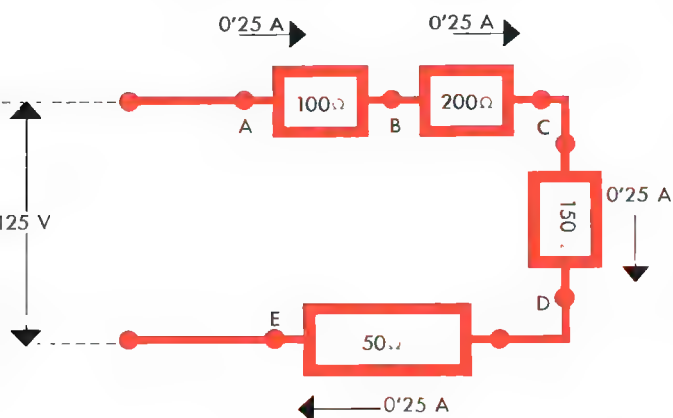
Necesitamos conocer la intensidad que atraviesa el circuito, para lo cual precisaremos calcular la resistencia total. Tratándose de cuatro resistencias en serie, nada más fácil:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 100 + 200 + 150 + 50 = 500\Omega$$

Hemos llegado a la aplicación directa de la ley:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{125}{500} = 0'25 \text{ A}$$

Esta es la intensidad, cuyo valor ( $0'25 \text{ A}$ ) será el mismo en todos los puntos del circuito. Con ello ¿hemos completado el cálculo del circuito...?



Pues no. No, por la sencilla razón de que, si bien conocemos la d.d.p. existente entre los extremos del circuito (es el voltaje que corresponde a una corriente de  $0'25 \text{ A}$  para una resistencia total de  $500\Omega$ ) nos falta conocer el voltaje entre los bornes de cada una de las resistencias.

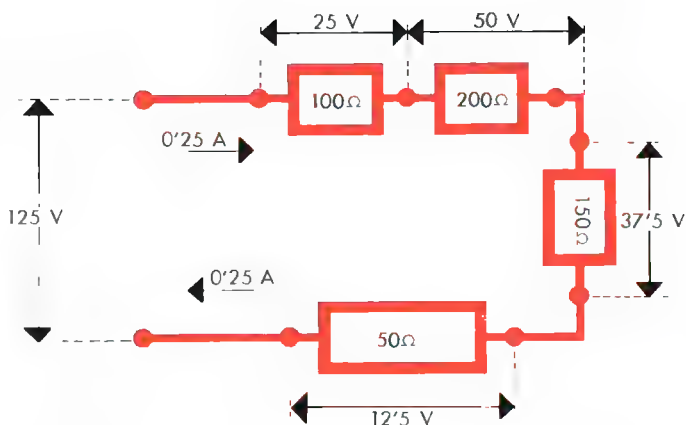
Entre A y B existirá un voltaje distinto que entre B y C, por ejemplo, ya que se mantiene la intensidad pero varía la resistencia.

Calculemos estos voltajes aplicando la fórmula  $V = R \times I$ .

$$\begin{aligned} V_{A-B} &= 100 \times 0'25 = 25 \text{ V} \\ V_{B-C} &= 200 \times 0'25 = 50 \text{ V} \\ V_{C-D} &= 150 \times 0'25 = 37'5 \text{ V} \\ V_{D-E} &= 50 \times 0'25 = 12'5 \text{ V} \end{aligned}$$

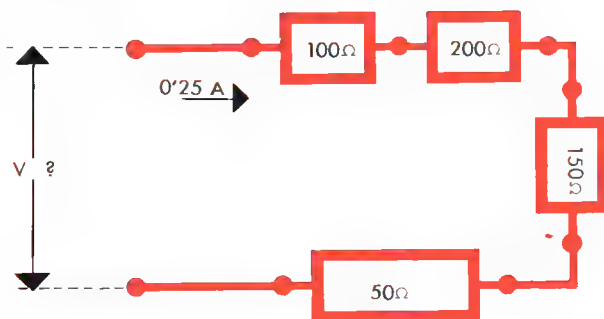
Naturalmente, debe cumplirse que la suma de las d.d.p. parciales resulte igual a la d.d.p. medida en los extremos del circuito. Ciertamente:

$$25 + 50 + 37'5 + 12'5 = 125 \text{ V}$$



Hasta aquí se demuestra que: LA INTENSIDAD QUE CIRCULA POR CADA RESISTENCIA ES LA MISMA QUE CIRCULA POR TODO EL SISTEMA; Y LA SUMA DE LOS VOLTAJES MANIFESTADOS ENTRE LOS BORNES DE CADA RESISTENCIA ES IGUAL AL VOLTAGE ENTRE LOS EXTREMOS DEL SISTEMA.

Este problema, es lógico, admite las variantes derivadas de la distinta naturaleza de los datos. Por ejemplo: digamos que conocemos la intensidad y las resistencias del circuito, pero ignoramos la d.d.p.



Si pensamos que  $V = I \times R$ , inmediatamente calcularemos la resistencia total, que, como en el caso anterior, será de:

$$R_t = 100 + 200 + 150 + 50 = 500\Omega$$

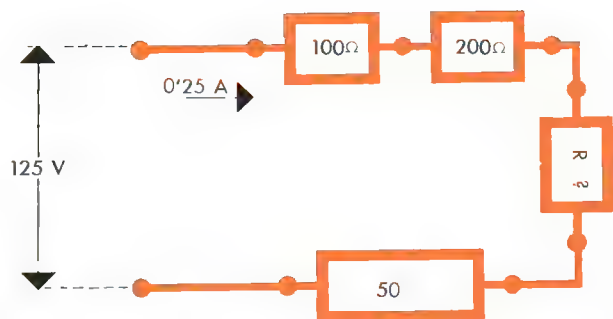
Siendo la intensidad de  $0'25 \text{ A}$ , la d.d.p. será de:

$$V = I \times R = 0'25 \times 500 = 125 \text{ V}$$

Los voltajes parciales se calculan exactamente igual que en el primer problema.

Otro caso que podemos proponernos es aquel en que conocemos el voltaje, la intensidad y tres de las resistencias del circuito. Tenemos una cuarta resistencia incógnita. ¿Cómo hallar su valor?





En principio, podemos encontrar la resistencia total, puesto que de la fórmula  $R = \frac{V}{I}$

conocemos  $V = 125$  e  $I = 0'25$  A. Luego:

$$R_1 = \frac{V}{I} = \frac{125}{0'25} = 500 \Omega$$

Estos  $500 \Omega$  son la suma de las cuatro resistencias; de modo que debe cumplirse que  $R_1 + R_2 + R_3 + R = 500 \Omega$ .

De esta igualdad, conocemos  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ :

$$100 + 200 + 50 + R = 500 \Omega, \text{ de donde} \\ R = 500 - (100 + 200 + 50) = 500 - 350 = 150 \Omega$$

Los demás cálculos serían idénticos que en los casos anteriores.

## CALCULO DE CIRCUITOS DERIVADOS - LEYES DE KIRCHHOFF

Cuando en un circuito existen derivaciones, aparecen lo que llamamos nudos. Tales nudos no son otra cosa que los puntos de empalme de los distintos ramales derivados. De la misma forma que en una instalación conductora de agua encontramos tuberías que derivan de la conducción principal, con el fin de distribuir la corriente de agua a distintos puntos de consumo, en los circuitos eléctricos (instalaciones conductoras de fluido eléctrico) encontramos puntos de derivación de los que arrancan nuevos conductores: son los nudos.

La corriente, al alcanzar un nudo, debe distribuirse por los distintos ramales exactamente igual a como sucede en una instalación de fontanería; y en esta distribución, forzosamente, se alteran los valores de la intensidad y del voltaje

Estas variaciones quedan estudiadas y con-

troladas gracias a unas leyes referentes a los nudos de los circuitos derivados. Son las leyes de Kirchhoff, de nombre Gustav Robert, alemán (1824-1887), célebre profesor de Física que descubrió lo siguiente:

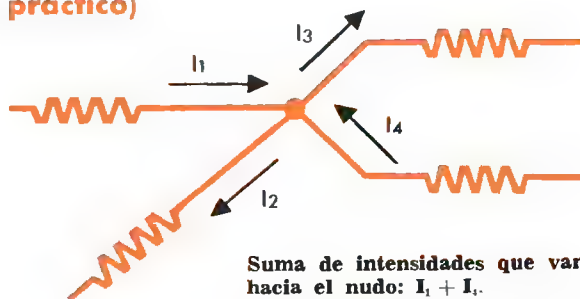
- 1.º En todo nudo de una red de corrientes, la suma algebraica de las intensidades es nula.
- 2.º En todo polígono cerrado, formado por conductores, la suma algebraica de los productos de las intensidades por las resistencias de los lados es igual a la suma de las f.e.m.

Este es el enunciado exacto de las leyes de Kirchhoff, que para nosotros, interesados en extraer consecuencias de aplicación práctica de todos los enunciados teóricos, se traducirán en otras expresiones mucho más simples:

### PRIMERA LEY DE KIRCHHOFF (enunciado práctico)

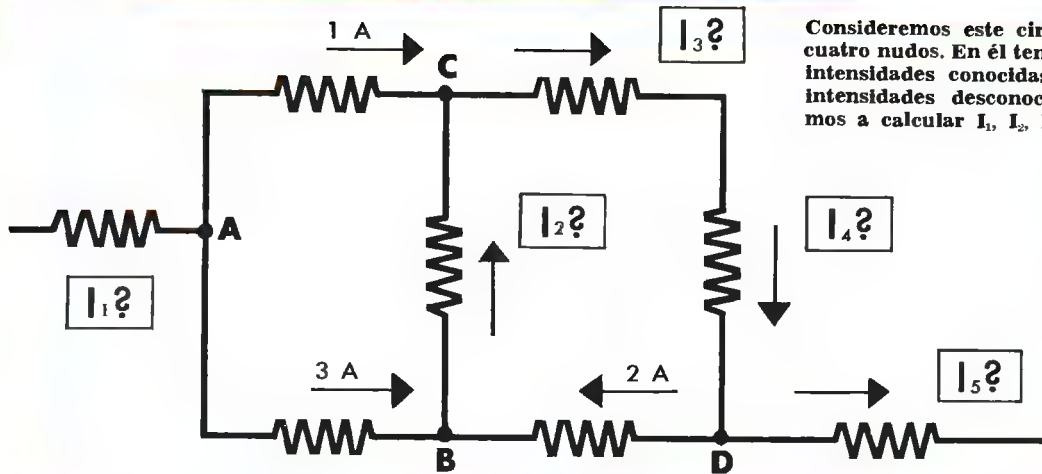
EN TODO NUDO DE UNA RED DE CONDUCTORES SE CUMPLE QUE LA SUMA DE LAS INTENSIDADES QUE SE DIRIGEN A ÉL, ES IGUAL A LA SUMA DE INTENSIDADES QUE DE ÉL SE SEPARAN.

Si en un nudo confluyen cuatro conductores, por ejemplo, y si dos de las intensidades ( $I_1$  e  $I_2$ ) se dirigen a él, la suma  $I_1 + I_2$  será igual a la suma de las intensidades  $I_3 + I_4$  que se alejan del nudo. Será  $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$ .



Suma de intensidades que van hacia el nudo:  $I_1 + I_2$ .  
Suma de intensidades que se alejan del nudo:  $I_3 + I_4$ .  
Se cumple que:  $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$ .

## EJEMPLO



Consideremos este circuito con cuatro nudos. En él tenemos tres intensidades conocidas y cinco intensidades desconocidas. Vamos a calcular  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  e  $I_5$ .

NUDO A

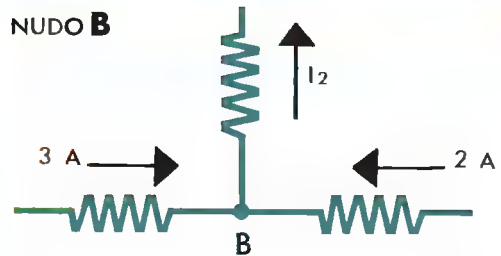


De este nudo salen dos intensidades conocidas y entra  $I_1$  que desconocemos. La suma de las que salen debe ser igual a las que entran; en este caso una sola.

$$1 \text{ A} + 3 \text{ A} = I_1 = 4 \text{ A.}$$

Luego: la intensidad  $I_1$  es igual a 4 amperios.

NUDO B



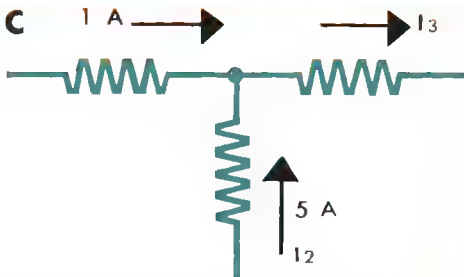
En este nudo entra una corriente de 3 A y otra de 2 A. Del nudo sale la intensidad  $I_2$ .

Se cumplirá que la suma de las intensidades que se dirigen al nudo será igual a la suma de las intensidades que salen; en este caso  $I_2$ . Será:

$$3 \text{ A} + 2 \text{ A} = I_2 = 5 \text{ A.}$$

La intensidad  $I_2$  es igual a 5 amperios.

NUDO C

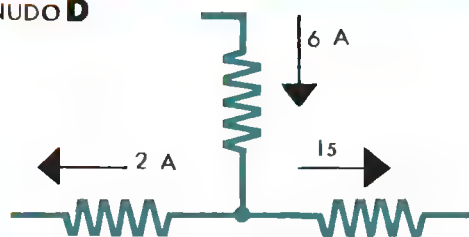


En el nudo C encontramos dos intensidades conocidas, de 1 A y de 5 A, esta última correspondiente a la  $I_2$  que acabamos de calcular. Son las intensidades que se dirigen al nudo. Por lo tanto, el valor de  $I_3$ , que se aleja del nudo C, es inmediato:

$$I_3 = 1 \text{ A} + 5 \text{ A} = 6 \text{ A.}$$

La intensidad  $I_3$  que se aleja del nudo C es igual a 6 amperios.

NUDO D



La intensidad  $I_4$  será la misma que  $I_3$ , puesto que tratándose de dos resistencias en serie, sin ningún nudo intermedio, la intensidad no sufrirá variación. Por lo tanto, en el nudo D se cumplirá que entra una intensidad de 6 A saliendo una intensidad de 2 A y una intensidad  $I_5$ .

$$2 \text{ A} + I_5 = 6 \text{ A. Luego:}$$

$$I_5 = 6 \text{ A} - 2 \text{ A} = 4 \text{ A.}$$

La intensidad  $I_5$  es igual a 4 amperios.

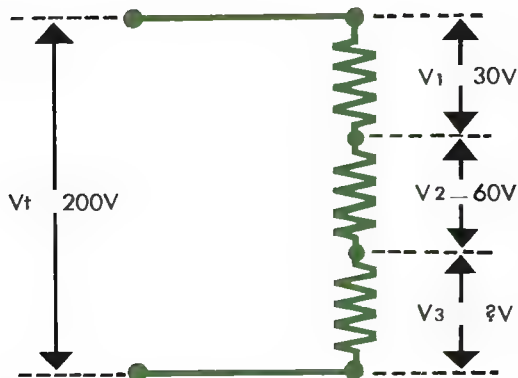
## SEGUNDA LEY DE KIRCHHOFF (enunciado práctico)

EN TODA RED DE CONDUCTORES SE CUMPLE QUE LA SUMA DE LAS TENSIONES (O VOLTAJES) PARCIALES ES IGUAL A LA TENSION TOTAL DEL SISTEMA.

Si en un circuito existe una tensión total  $V_t$ ,

la suma de las tensiones medidas en los extremos de las resistencias intercaladas  $V_1 + V_2 + V_3$  debe ser igual a  $V_t$ . Se cumple que  $V_1 + V_2 + V_3 = V_t$ .

EJEMPLO 1



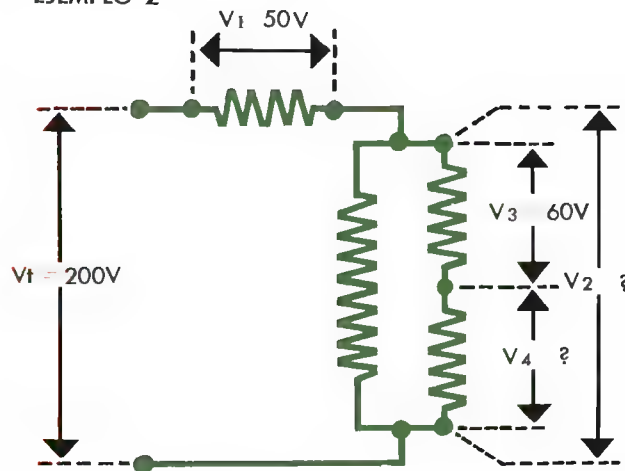
Desconocemos  $V_3$ , pero sabemos que la tensión total será igual a la suma de las tensiones parciales. Por lo tanto, se cumplirá que:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3$$

$$200 \text{ V} = 30 \text{ V} + 60 \text{ V} + V_3 = 90 \text{ V} + V_3$$

Luego:  $V_3 = 200 \text{ V} - 90 \text{ V} = 110 \text{ voltios}$ .

EJEMPLO 2



En este circuito desconocemos  $V_2$  y  $V_4$ . Calculemos primero  $V_2$ .

$$V_t = V_1 + V_2$$

$$200 \text{ V} = 50 \text{ V} + V_2$$

De donde  $V_2 = 200 - 50 = 150 \text{ voltios}$ .

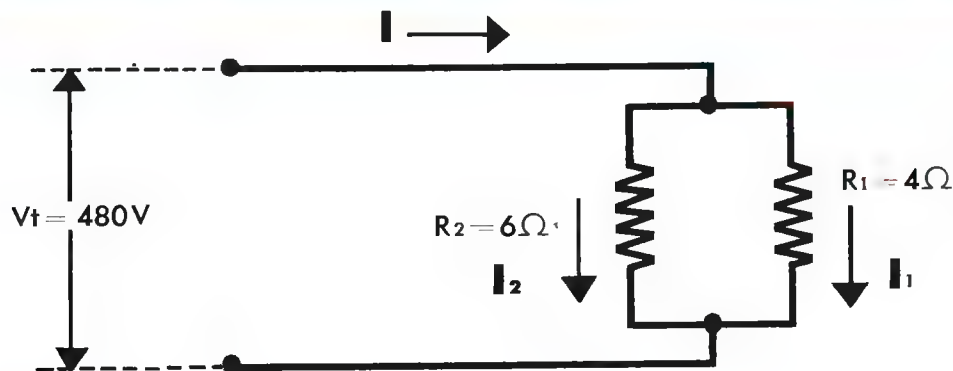
Podemos calcular el valor de  $V_4$ :

$$V_2 = V_3 + V_4$$

$$150 \text{ V} = 60 \text{ V} + V_4$$

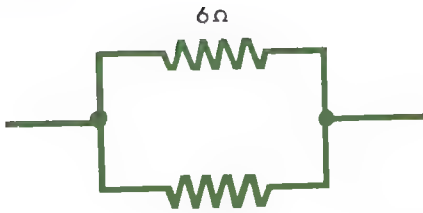
De donde  $V_4 = 150 - 60 = 90 \text{ voltios}$ .

Conocidas estas leyes, vamos a estudiar el circuito derivado más simple.



Este es el circuito derivado más simple de cuantos podemos considerar. Con los datos que figuran en el esquema deberemos calcular la intensidad total  $I$  del circuito, así como las intensidades parciales que circulan por cada una de las dos resistencias.

## 1 INTENSIDAD TOTAL

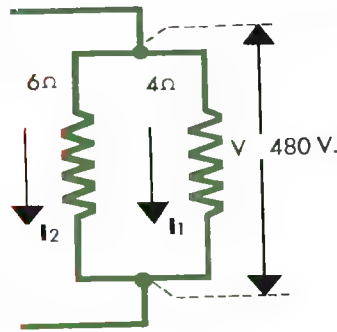


Deberemos calcular la resistencia reducida. Son dos resistencias en paralelo de 6 y 4 ohmios:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{4}} = 2'4 \text{ ohmios}$$

La intensidad total será:  $I = \frac{V}{R} = \frac{480}{2'4} = 200 \text{ A.}$

## 2 INTENSIDADES PARCIALES



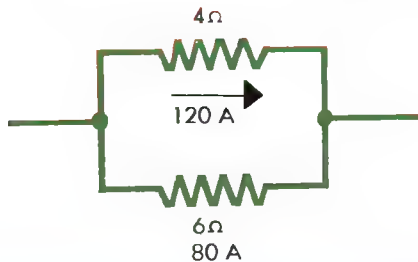
Aplicando directamente la fórmula  $I = \frac{V}{R}$  en cada una de las dos resistencias del circuito, obtendremos la intensidad que circula por cada una de ellas.

$$I_1 = \frac{480}{4} = 120 \text{ A}$$

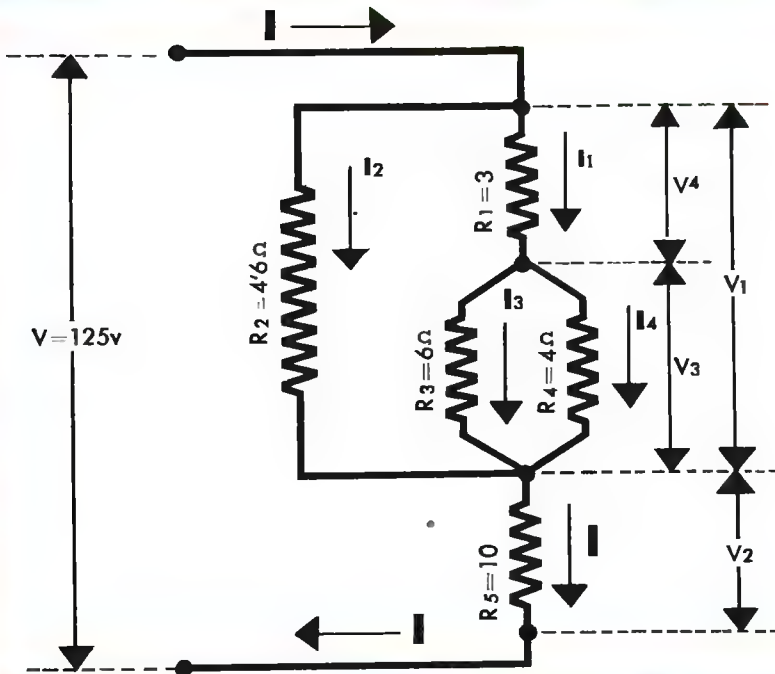
$$I_2 = \frac{480}{6} = 80 \text{ A}$$

Se cumple la primera ley de Kirchhoff.

$$I = I_1 + I_2 \\ 200 = 120 + 80$$



Observe una cosa: la rama que tiene más resistencia absorbe menos intensidad. Es un resultado lógico, en cierta manera, puesto que la corriente se deriva más por la rama que le ofrece menos dificultad. Es el mismo caso de las conducciones de fontanería. El agua procedente de una conducción principal, que luego se deriva, penetra con mayor facilidad por la tubería más ancha, puesto que ofrece menor resistencia a la corriente fluída.



Sigamos con un circuito algo más complejo. Recordando las leyes de Kirchhoff, sabremos de antemano que:

$$I_1 + I_2 = I$$

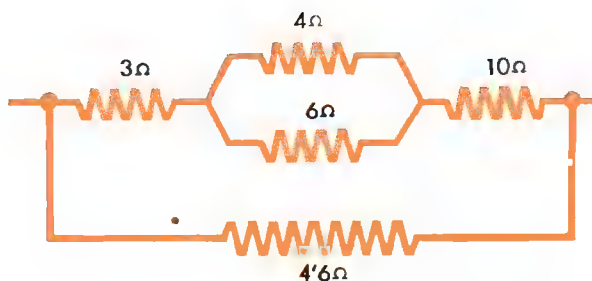
$$I_2 + I_1 = I_1$$

$$V_1 + V_2 = V$$

$$V_3 + V_4 = V_1$$

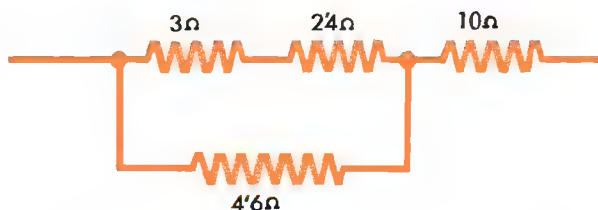
Con estas igualdades por delante, afrontemos el cálculo de la resistencia total del circuito.





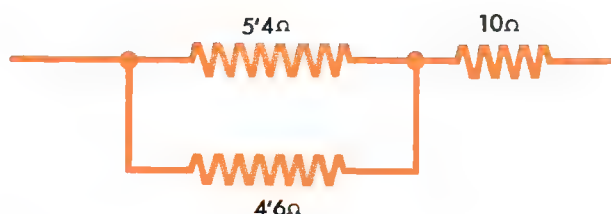
Las dos resistencias en paralelo de 4 y 6 ohmios tendrán una reducida, que será:

$$\frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{1}{6}} = 2'4 \Omega$$



El sistema se convierte en éste, del cual reduciremos las dos resistencias en serie de 3 y 2'4 ohmios,

$$3 + 2'4 = 5'4 \Omega$$



Queda un sistema de tres resistencias. Hallemos la reducida de las dos resistencias en paralelo:

$$\frac{1}{\frac{1}{5'4} + \frac{1}{4'6}} = 2'484 \Omega$$



Finalmente el primitivo sistema se ha convertido en dos resistencias en serie:

$$R_t = 2'484 + 10 = 12'484 \Omega$$

Podemos darlo por aproximación este valor, tomando como  $R_t$  12'5  $\Omega$

#### CALCULO DE LA INTENSIDAD

Conociendo el voltaje y la resistencia total, nada más fácil:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{125}{12'5} = 10 \text{ A.}$$

#### CALCULO DE VOLTAJES E INTENSIDADES PARCIALES

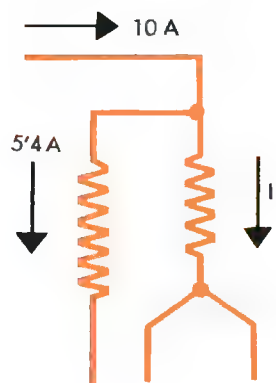
$$V_2 = R_2 \times I = 10 \times 10 = 100 \text{ V.}$$

Si recuerda que al principio de este ejemplo hemos dicho que  $V_1 + V_2 = V$ , le será fácil calcular  $V_1$ :

$$V_1 = V - V_2 = 125 - 100 = 25 \text{ V}$$

Conocida la  $V_1$ , podemos calcular la  $I_2$ :

$$I_2 = \frac{V_1}{R_2} = \frac{25}{4'62} = 5'4 \text{ A.}$$



Y con el valor de  $I_2$  podemos aplicar la primera ley de Kirchhoff para calcular  $I_1$ :

$$I = I_1 + I_2, \text{ de donde}$$

$$I_1 = I - I_2 = 10 - 5'4 = 4'6 \text{ A.}$$

El cálculo de  $V_4$ , conocida la intensidad  $I_1$ , es inmediato:

$$V_4 = I_1 \times 3 = 4'6 \times 3 = 13'8 \text{ V.}$$

Por la segunda ley de Kirchhoff sabemos que  $V_3 + V_4 = V_1$ , de donde deducimos que:

$$V_3 = V_1 - V_4 = 25 - 13'8 = 11'2 \text{ V.}$$

Nos falta calcular  $I_3$  e  $I_4$ , para lo cual disponemos de todos los datos:

$$I_3 = \frac{11'2}{6} = 1'8 \text{ A.}$$

$$I_4 = \frac{11'2}{4} = 2'8 \text{ A.}$$

Observe que debe ser  $I_3 + I_4 = I_1$ , cosa que efectivamente se cumple, puesto que  $1'8 + 2'8 = 4'6 \text{ A.}$

Hasta aquí lo que hace referencia a la intensidad, voltaje y resistencia de una corriente. Tres factores fundamentales que, en definitiva, desembocan en un *trabajo* realizado con mayor o menor *potencia*. He ahí la aparición de dos nuevos conceptos íntimamente ligados a la electricidad y de los que no podemos prescindir. Vamos a estudiarlos viendo después algunas consecuencias inmediatas en relación con una corriente eléctrica.

## FUERZA - TRABAJO - POTENCIA - ENERGIA

Desde un principio hemos sentado la premisa de que la electricidad es una manifestación de la energía, y más concretamente una fuerza.

La Física define el concepto de fuerza diciendo que FUERZA ES TODA CAUSA CAPAZ DE PRODUCIR O MODIFICAR UN MOVIMIENTO, definición que avala el principio fundamental de la dinámica o ciencia que trata del movimiento. Es el llamado principio de inercia, que dice así:

EL ESTADO DE REPOSO O DE MOVIMIENTO DE UN CUERPO NO SE MODIFICA SI NO ACTÚA UNA FUERZA SOBRE ÉL.

Un automóvil se pone en movimiento gracias al impulso que recibe del motor; de otra forma permanecería en reposo. Eso es fácil de comprender. Lo que no resulta de comprensión tan directa es el hecho de que un cuerpo en movimiento no se pararía nunca ni modificaría su velocidad sin el concurso de una fuerza. Para comprender esta segunda parte del principio de inercia debe tenerse en cuenta la existencia de la gravedad. Es LA FUERZA QUE ACTUANDO SOBRE LOS CUERPOS LOS ATRAE AL CENTRO DE LA TIERRA.

El valor de esta fuerza es lo que llamamos peso y que medimos por kilos. Así, cuando decimos que un cuerpo pesa 50 Kg estamos afirmando que tal cuerpo es atraído por la gravedad con una fuerza de 50 Kg.

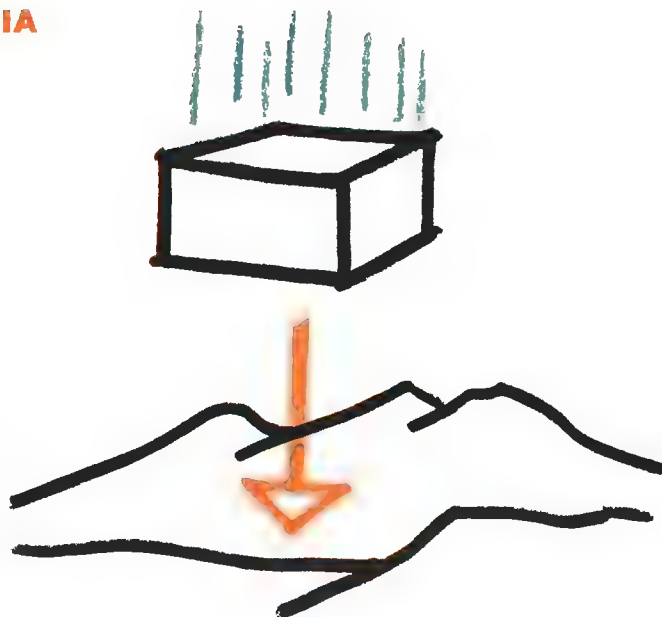
Observe cómo identificamos fuerza y peso y cómo de esta identificación surge una unidad común: el kilogramo. En efecto: todo peso lleva intrínseca la existencia de una fuerza (gravedad) y toda fuerza al actuar sobre un cuerpo produce el efecto de la aplicación de un peso sobre él.

El hecho de que un móvil lanzado por una fuerza instantánea llegue a pararse sin que sobre

### TRABAJO

Fuerza y trabajo, aunque distintos entre sí, son dos conceptos íntimamente ligados. Cuando nos vemos obligados a efectuar una fuerza, por asociación de ideas pensamos en el trabajo que va a representarnos la realización de tal fuerza. Si medita un poco verá que, desde un punto de vista físico, cuando realizamos un esfuerzo (aplicamos una fuerza sobre algo) lo efectuamos para mover alguna cosa o para evitar este movimiento. Y como todo movimiento se explica por el espacio recorrido por el móvil, de ahí que el concepto de trabajo físico relacione la fuerza aplicada al cuerpo y el espacio recorrido por el mismo.

La Física nos dice que hay trabajo en cuanto



La Tierra atrae a todos los cuerpos con una fuerza a la que llamamos peso. La unidad de peso es el kilogramo. El Kg es el peso de un dm<sup>3</sup> de agua destilada cuando su temperatura es de 4 grados centígrados.

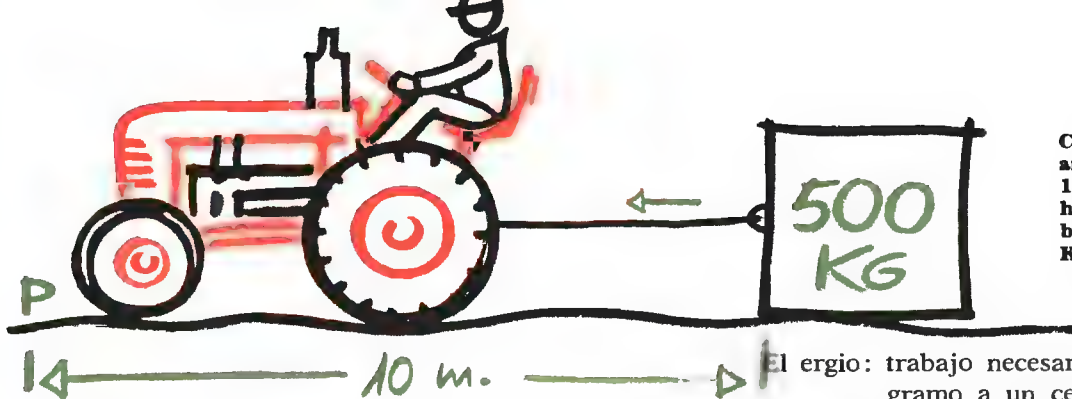


él actúe una fuerza aparente (circunstancia que nos hace pensar en un fallo del principio de inercia) queda explicado por la existencia del peso de este móvil, o sea, por la actuación de la fuerza de la gravedad sobre él. No es que deje de cumplirse el principio de inercia; lo que ocurre es que, por ley natural, todo cuerpo está sujeto a la acción de la gravedad.

se haya desplazado un cuerpo (peso) y no lo hay mientras no podamos contar con este factor: el espacio recorrido. El atleta que levanta las pesas de 150 Kg. por encima de su cabeza realiza un trabajo, por cuanto desplaza una fuerza (peso de 150 Kg) a una cierta altura; pero mientras mantiene este peso inmóvil por encima de su cabeza, aunque actúe la fuerza suficiente para que las pesas no se vengán abajo, no podemos hablar de trabajo. Diremos que el atleta realiza un esfuerzo, pero no un trabajo.

$$\text{TRABAJO} = \text{FUERZA} \times \text{ESPACIO}$$

De ello deducimos que el trabajo necesario para trasladar 5 Kg a 1 metro de distancia es el



Cuando el tractor haya arrastrado los 500 Kg a 10 metros de distancia, habrá realizado un trabajo de  $500 \times 10 = 5000$  Kgm (kilográmetros).

mismo que se requiere para llevar 1 Kg a 5 metros.

La unidad de trabajo es el kilográmetro. Es EL TRABAJO REALIZADO AL TRASLADAR UN KG DE PESO A 1 M DE DISTANCIA.

El Kgm (kilográmetro) es la unidad práctica de trabajo. Las unidades científicas son:

El ergio: trabajo necesario para trasladar un gramo a un centímetro.

El julio: trabajo equivalente a 10.000.000 de ergios.

1 julio = 10.000.000 de ergios.

La relación entre las unidades científicas y el kilográmetro es la siguiente:

1 Kgm = 9'81 julios = 98.100.000 ergios.

## POTENCIA

Dos máquinas pueden ser aptas para realizar un mismo trabajo: por ejemplo, levantar pesos. La máquina idónea para ello es la grúa. Si nos diesen a escoger entre dos de ellas, capaces ambas de levantar 1.000 Kg de peso, ¿qué es lo que nos haría decidir?

Es indiscutible que deberíamos decidir por el factor tiempo. Aquella que realizara el trabajo en menos tiempo se llevaría nuestras preferencias. Hemos considerado el factor potencia.

LLAMAMOS POTENCIA AL TRABAJO REALIZADO EN LA UNIDAD DE TIEMPO.

Las unidades de potencia son:

El kilográmetro por segundo. Esta unidad se emplea en mecánica, pero sólo para pequeñas potencias, siendo mucho más útil la unidad conocida con el nombre de caballo de vapor (abreviado C.V. en español y H.P. en inglés), equivalente a 75 Kgm/seg.

1 C.V. = 75 Kgm/seg

Pero en electricidad se emplea otra unidad de potencia: el vatio.

EL VATIO (ABREVIADO W) ES LA POTENCIA QUE REALIZA UN TRABAJO DE 1 JULIO EN EL TIEMPO DE 1 SEGUNDO.

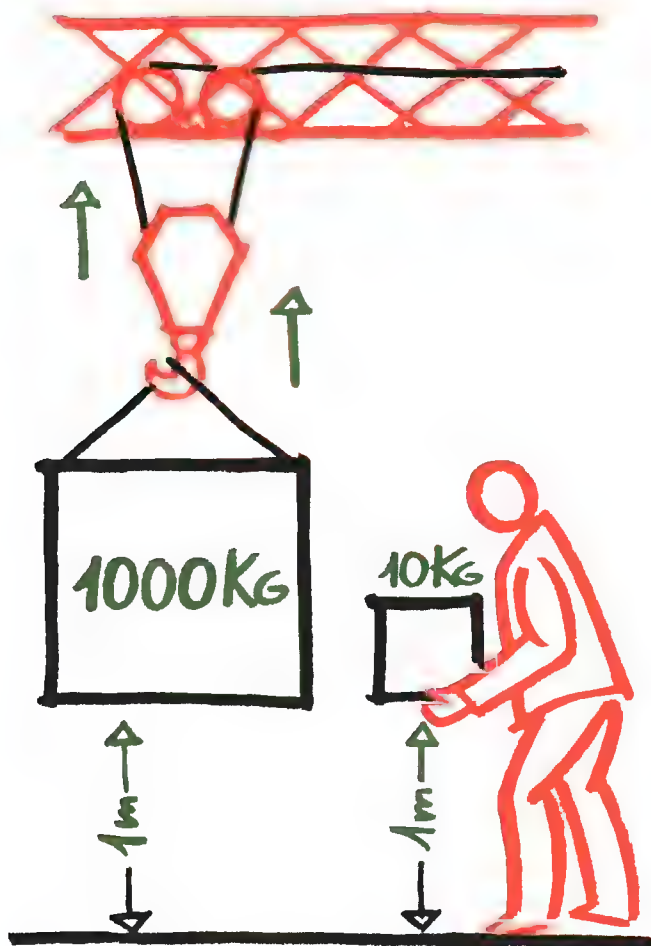
## ENERGIA Y POTENCIA ELECTRICA

Relacionemos los conceptos que acabamos de estudiar con la electricidad, diciendo primero qué entendemos por energía:

ENERGÍA ES LA CAPACIDAD QUE TIENEN LOS CUERPOS PARA PRODUCIR UN TRABAJO.

Razone ahora:

La electricidad es una manifestación de la energía en cuanto es capaz de efectuar un trabajo



La potencia desarrollada por la grúa será cien veces superior a la que desarrolla el hombre, suponiendo que el tiempo empleado para levantar el peso a un metro del suelo sea el mismo en ambos casos.

que, evidentemente, presupone la existencia de una fuerza, puesto que sin ella no hay trabajo.

La electricidad, en efecto, es una fuerza. Cuando la barra de lacre atrae hacia sí objetos ligeros se efectúa un trabajo debido a la fuerza eléctrica. Es una demostración palpable.

Pero vayamos más lejos. En todo circuito hay un movimiento de electrones, hay *una carga que se desplaza*. ¿No es eso un trabajo? La corriente eléctrica es, ya lo sabe, un trabajo que consiste en trasladar una cierta cantidad de culombios (carga) a lo largo de un conductor. Este trabajo supone una potencia, que dependerá del tiempo en que se desplace la carga o de la carga que se desplace en cada unidad de tiempo. Interesa más esta última consideración: la potencia viene dada por la carga desplazada en la unidad de tiempo.

Recuerde que la unidad de carga eléctrica es el culombio y que la cantidad de culombios desplazados en un segundo es el amperaje o intensidad. Decíamos que  $1 \text{ culombio} \times 1 \text{ segundo} = 1 \text{ A}$

Pues bien:

Supongamos un circuito en que intercalamos una resistencia  $R$  y un amperímetro. Sea otro circuito similar, al que conexionamos una resistencia  $R_2$ . En los extremos de ambos circuitos medimos un voltaje de 125 V.

En estas condiciones el amperímetro del primer circuito señala una intensidad  $I = 6 \text{ A}$ . Ello significa que en 1 segundo ha pasado a través de  $R$  una carga de 6 culombios. Podemos considerar que la resistencia ha efectuado el trabajo necesario para trasladar los 6 culombios en el tiempo de 1 segundo.

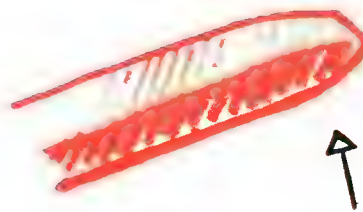
Miremos la escala del amperímetro del segundo circuito. Supongamos que señala una intensidad  $I = 12 \text{ A}$ . Por  $R_2$  han pasado 12 culombios en el tiempo de 1 segundo.

Observe: en el mismo tiempo, la resistencia  $R_2$  ha efectuado doble trabajo que  $R$ , puesto que ha desplazado doble carga. ¿Cuál de los dos circuitos tiene más potencia?

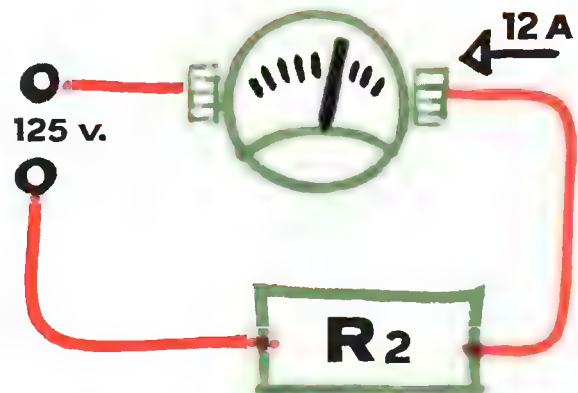
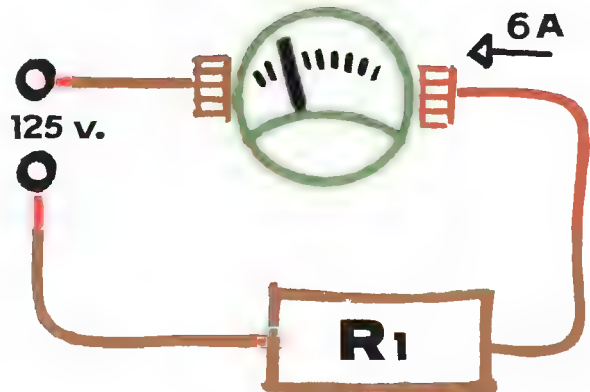
El segundo, no hay duda.

## COMO MEDIMOS LA POTENCIA ELECTRICA

Acabamos de ver que para una misma d.d.p. la potencia de una resistencia se manifiesta por el consumo de amperaje; a mayor intensidad, mayor potencia. Por otra parte, para una resistencia determinada, la intensidad variará al variar el voltaje; aumentará cuando aumente el voltaje y disminuirá cuando el voltaje disminuya. Es decir:



Cuando una barra de lacre electrizada atrae objetos ligeros, efectúa un trabajo, puesto que transporta un cierto peso a una cierta distancia.



La resistencia  $R_2$  tiene mayor potencia, puesto que efectúa un mayor trabajo (más culombios por segundo) que la primera en el mismo tiempo.

el consumo de amperaje, en cuanto es una manifestación de la potencia de un receptor, está en función del voltaje, de donde deducimos que:

$$\text{POTENCIA} = \text{VOLTAJE} \times \text{INTENSIDAD.}$$

La potencia se representa por  $W$ , en homenaje a James Watt.

$$W = V \times I$$



La unidad de potencia empleada en electricidad es el vatio, cuyo valor mecánico es de 1 julio por segundo, y que eléctricamente hablando definiremos diciendo que:

UN VATIO ES LA POTENCIA DE UN RECEPTOR QUE CONSUME 1 AMPERIO CUANDO EN SUS EXTREMOS HAY UNA D.D.P. DE UN VOLTIO.

O sea que una resistencia que consume 12 A con un d.d.p. = 100 V tiene una potencia:

$$W = 100 \times 12 = 1.200 \text{ W (vatios)}$$

Para grandes potencias se emplea un múltiplo del vatio equivalente a 1.000 W. Es el kilovatio (KW). También existe el megavatio (MW), mucho menos empleado, equivalente a 1.000.000 de vatios.

De la fórmula fundamental de la potencia  $W = V \times I$ , deducimos otras dos:

$$V = \frac{W}{I}$$

$$I = \frac{W}{V}$$

Estas fórmulas, juntamente con las de la ley de Ohm, completan una primera serie (valga la expresión) de conocimientos electrotécnicos que permiten la solución de muchísimos casos de índole práctica.

Por ejemplo:

En el comedor de su casa tiene una lámpara que lleva esta notación: 125 V 100 W. ¿Qué amperaje consume?

$$I = \frac{W}{V} = \frac{100}{125} = 0'8 \text{ A.}$$

Otro caso:

En un cuarto de estar tenemos un solo enchufe al que pensamos acoplar una base triple para poder conectar a la red, tres aparatos al mismo tiempo:

Una estufa de 1000 W

Una lámpara de 100 W

Una plancha de 400 W

En la red tenemos una tensión de 125 V y el enchufe lleva la siguiente inscripción: 125 V 5 A. ¿Deberemos cambiar el enchufe o será capaz de aguantar la intensidad?

Veámoslo:

$$\text{Potencia total} = W_t = 1000 + 100 + 400 = 1.500 \text{ W.}$$

$$I = \frac{1.500}{125} = 12 \text{ A}$$

Evidentemente son demasiados amperios para nuestro enchufe.

Entonces, ¿qué potencia puedo conectarle?

$$W = V \times I$$

$$W = 125 \times 5 = 625 \text{ W}$$

Con ello sé que toda potencia superior a 625 W producirá un calentamiento anormal en el enchufe que puede motivar serios accidentes.

La fórmula de la potencia,  $W = V \times I$ , junto con la fórmula de la ley de Ohm,  $V = R \times I$ , nos permite relacionar los valores de potencia, voltaje, intensidad y resistencia de un circuito, de forma que conociendo dos de ellos podemos llegar al conocimiento de los dos restantes.

Es fácil.

Por una parte tenemos que  $W = V \times I$ .

Y por otra parte es  $V = R \times I$ .

Podemos sustituir el valor V de la primera fórmula por el valor V de la segunda.

$$W = R \times I \times I; \text{ de donde}$$

$$W = R \times I^2$$

Esta fórmula que nos da el voltaje en función de la resistencia y de la intensidad es una fórmula de primerísima importancia. Lo comprobará en la próxima lección, cuando estudiemos el efecto Joule, o la relación entre la electricidad y la producción de calor.

## INSTALACIONES DOMESTICAS

### Instalación de varias lámparas con gobierno múltiple

Después de haber estudiado los esquemas que representan la instalación de enchufes y puntos de luz, ha llegado la ocasión de estudiar los esquemas representativos de la instalación de lámparas con gobiernos múltiples. Seguimos con los esquemas-tipo que luego, convenientemente acoplados, nos proporcionarán el esquema completo de cualquier instalación doméstica.

Los esquemas que vamos a estudiar son de fácil comprensión siempre que recuerde dos cosas elementalísimas:

Que un circuito es un camino trazado para la corriente.

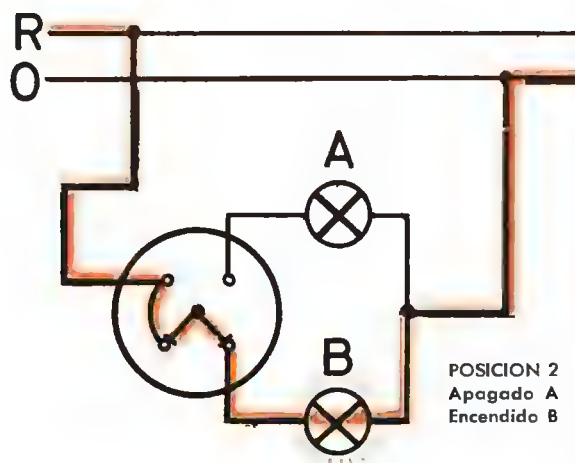
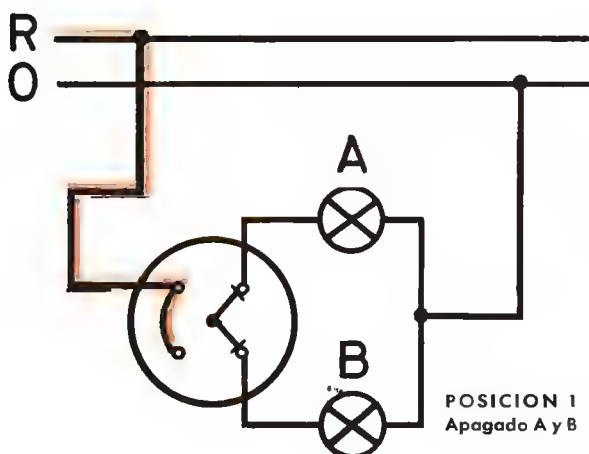
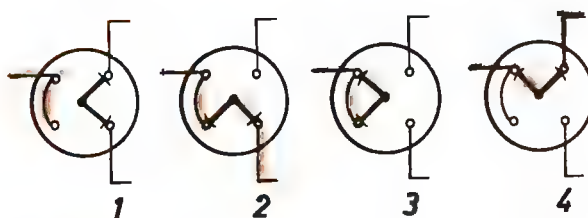
Que la corriente seguirá el camino previsto mientras no encuentre ninguna interrupción. Cuando el conductor queda cortado también se corta la corriente.

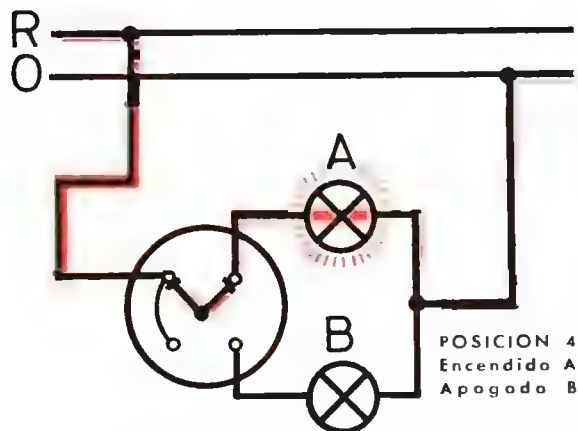
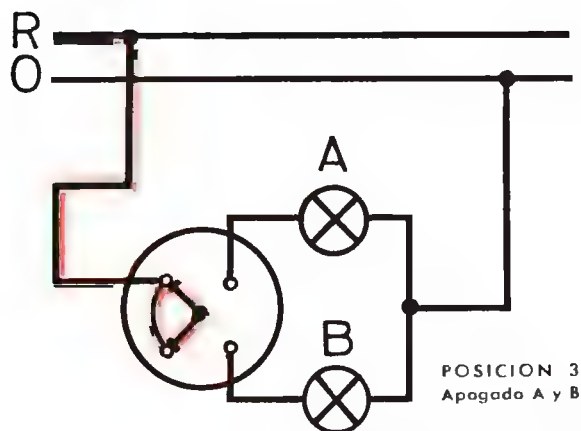
Lo único que necesita para poder interpretar los esquemas de instalación que vamos a estudiar es entender estos conceptos tan simples. Son dos verdades que se relacionan con lo que decíamos al comprobar la correcta instalación de un enchufe: la corriente debe entrar por el conductor R de la línea general y salir por el conductor O después de haber afectado los elementos del circuito.

### DOS LAMPARAS O GRUPOS DE LAMPARAS CONTROLADOS DESDE UN CONMUTADOR DE TRES DIRECCIONES Y PUNTO CERO

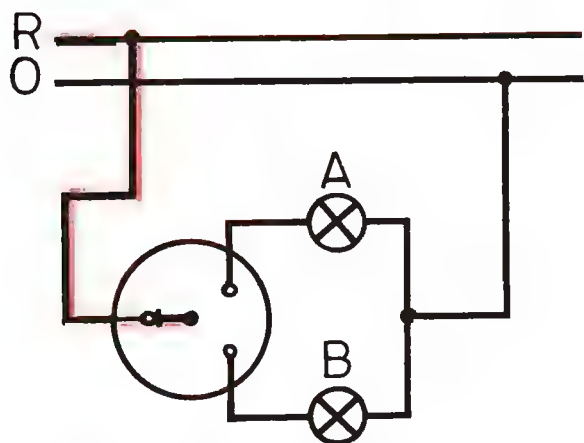
Esquema de instalación de dos lámparas o grupos controlados desde un conmutador. Según la posición del conmutador obtendremos un resultado distinto. En la posición del esquema las dos lámparas permanecen apagadas. Observe cómo la corriente (línea en color) no pasa más allá del segundo borne del conmutador.

#### POSICIONES DEL CONMUTADOR

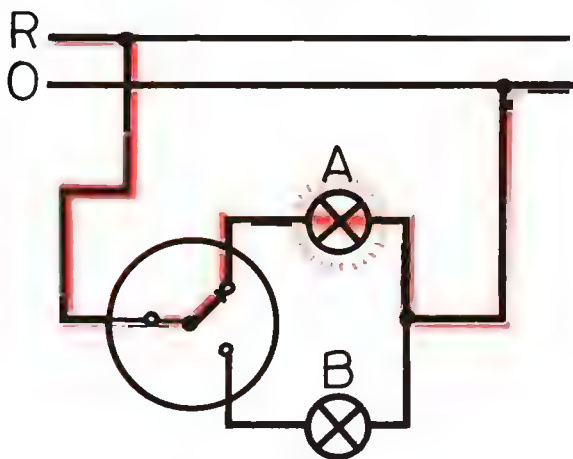




## GOBIERNO DE DOS LAMPARAS O GRUPOS DESDE UN CONMUTADOR DE DOS DIRECCIONES Y PUNTO CERO

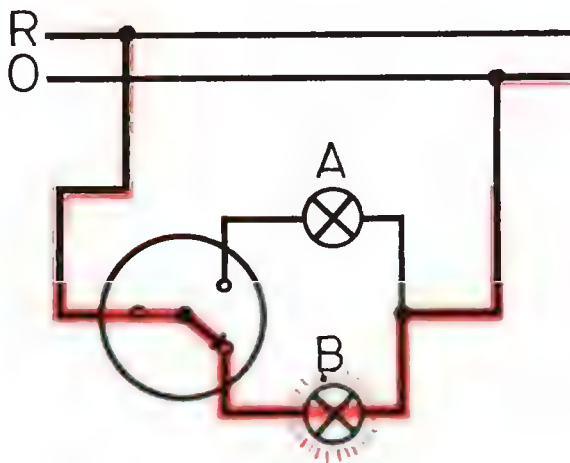
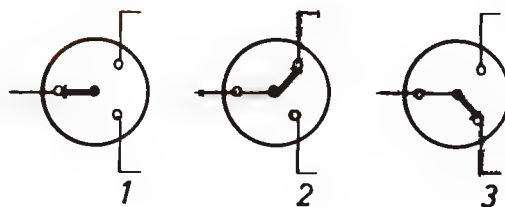


Este es el esquema con el conmutador en la posición 1. A y B permanecen apagadas.



Posición 2. — La lámpara A se enciende, mientras la B sigue apagada.

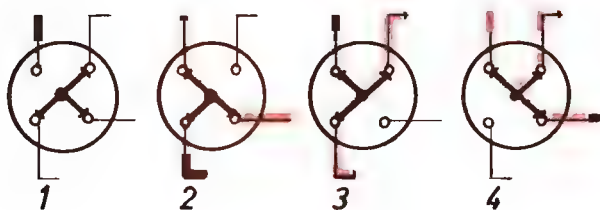
### POSICIONES DEL CONMUTADOR



Posición 3. — Se enciende la bombilla B, mientras A permanece apagada. Vea cómo en un mismo esquema obtenemos efectos distintos según el conmutador empleado. Es en él donde la corriente toma el camino previsto.

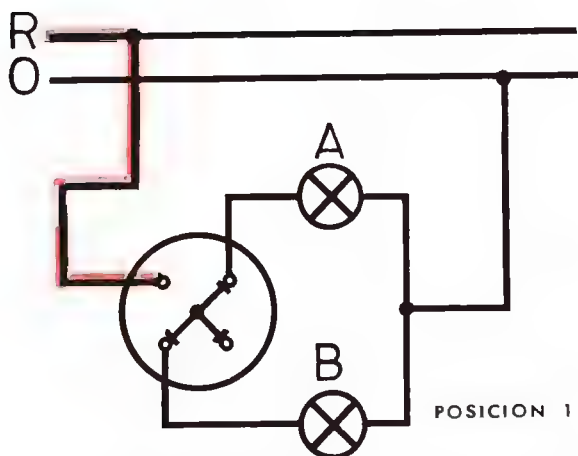
## GOBIERNO DE DOS LAMPARAS O GRUPOS DESDE UN CONMUTADOR DE ARAÑA

### POSICIONES DEL CONMUTADOR

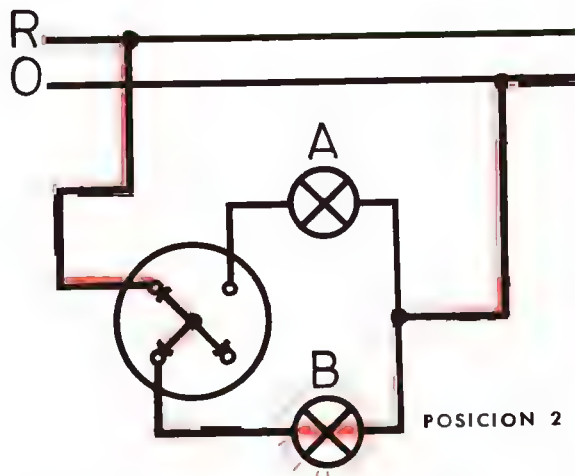


Con este esquema obtenemos todas las posibilidades de control de dos lámparas desde un solo punto.

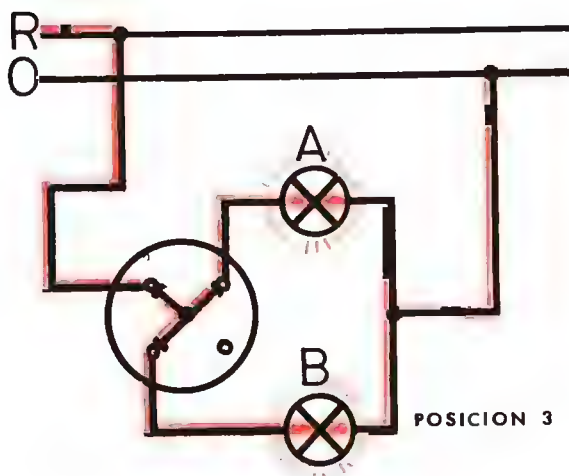
- 1.—Todo apagado.
- 2.—Apagada A y encendida B.
- 3.—Todo encendido.
- 4.—Encendida A y apagada B.



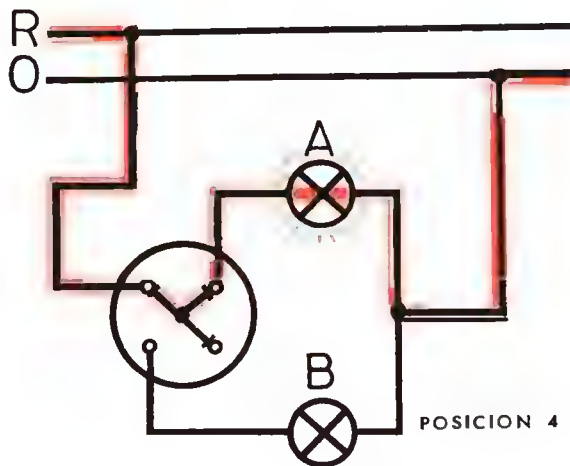
Esquema con el conmutador en posición 1. Las dos lámparas están apagadas.



Esquema con el conmutador en posición 2. Se enciende la lámpara B, mientras A sigue apagada.



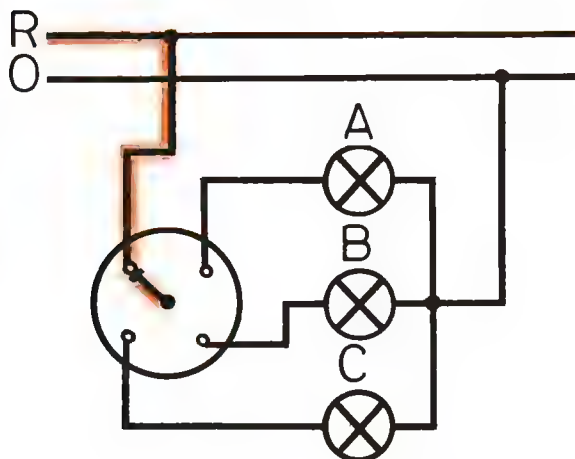
Esta posición representa la posibilidad de tener en funcionamiento las dos lámparas al mismo tiempo.



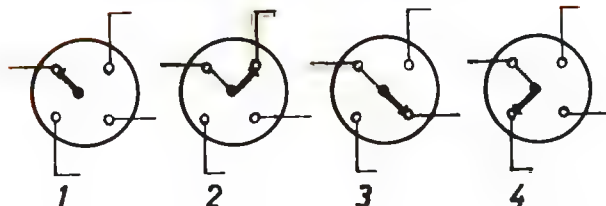
La última posibilidad de esta instalación consiste en encender la lámpara A manteniendo apagada la B.



## GOBIERNO DE TRES LAMPARAS O GRUPOS DESDE UN CONMUTADOR DE TRES DIRECCIONES Y PUNTO CERO



POSICIONES DEL CONMUTADOR



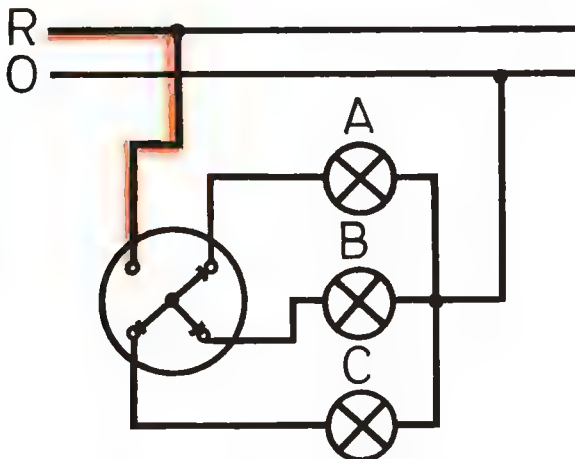
Observe que en esta instalación sólo hay posibilidad de encender una lámpara en cada posición del conmutador.

En la posición 1, A, B y C están apagadas.  
En la posición 2 se enciende A (B y C apagadas).  
En la posición 3 se enciende B (A y C apagadas).  
En la posición 4 se enciende C (A y B apagadas).

Consideramos innecesario dibujar el esquema con todas las posiciones del conmutador. Para comprender el camino que seguirá la corriente y, en consecuencia, los efectos que producirá en el circuito, basta observar los símbolos de este elemento de control con las cuatro posiciones posibles.

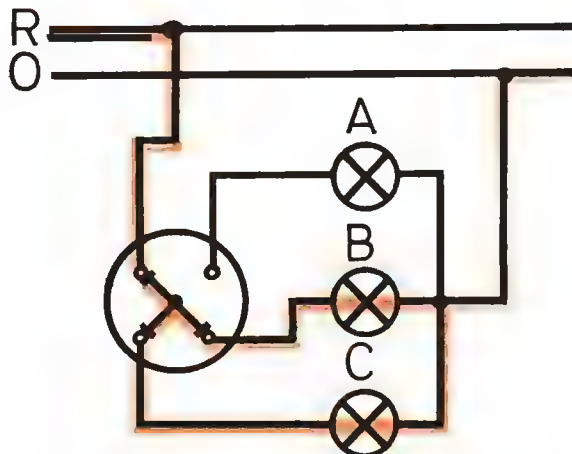
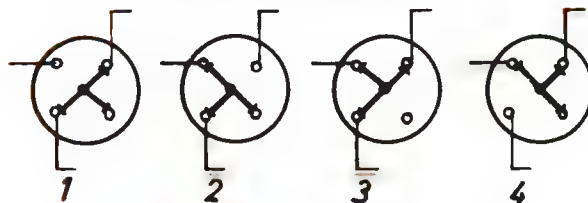
## GOBIERNO DE TRES LAMPARAS O GRUPOS DESDE UN CONMUTADOR DE ARAÑA

Con este circuito tenemos la posibilidad de controlar tres lámparas de modo que se enciendan dos de ellas, mientras la tercera se mantenga apagada.

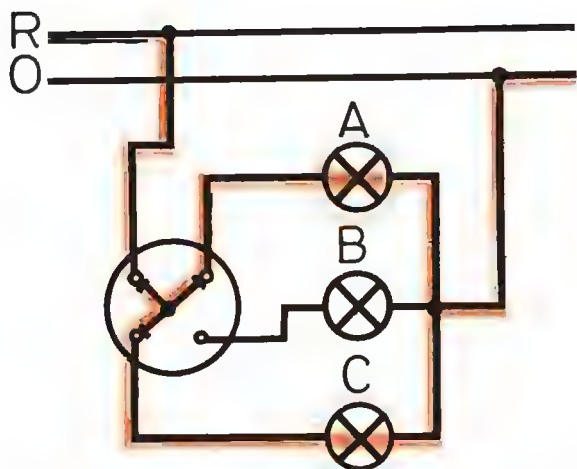


De la posición 1 resultan apagadas las tres lámparas o grupos de ellas.

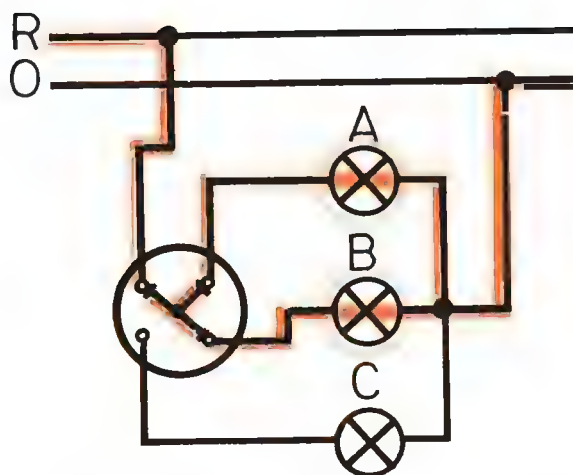
POSICIONES DEL CONMUTADOR



Se enciende B y C. Sigue apagada la lámpara A.



Se apaga la bombilla B y se encienden las bombillas A y C.



Ahora es la bombilla C la que se apaga, al tiempo que se encienden las A y B.

Estos esquemas no son únicos. Son posibles múltiples variaciones que dependen del tipo de conmutador empleado y cuya aplicación es muy frecuente en instalaciones domésticas. Por ejemplo, puede solucionarnos perfectamente el control de la iluminación de una sala de estar donde se desea gobernar desde un solo punto una lámpara de techo y una lámpara de pie.

## INSTALACION DE PUNTOS DE LUZ CON CONTROLES MULTIPLES

Vistos estos esquemas que simbolizan la instalación de lámparas con gobierno desde un solo punto, veamos los esquemas teóricos pertenecientes a la instalación de varias lámparas cuyo gobierno puede efectuarse desde distintos puntos. Es el caso típico de una escalera con gobierno de luz en cada piso o de un largo pasillo con distintos controles a lo largo de su recorrido. Es también el caso de un dormitorio cuya luz puede controlarse desde la puerta de entrada y desde la mesita de noche.

Podríamos citar otros ejemplos, porque en la práctica encontramos múltiples casos en los que interesa el control múltiple de varios puntos de luz que —tégalo en cuenta— pueden referirse a una sola lámpara o a varias de ellas. Allí donde en el esquema aparece una bombilla, puede suponer una lámpara de dos o más brazos con su correspondiente elemento de luz.

Usted habrá observado, sin duda, que en las instalaciones normales de un piso es corriente encontrar combinaciones de conmutadores e interruptores. Ésta es la realidad.

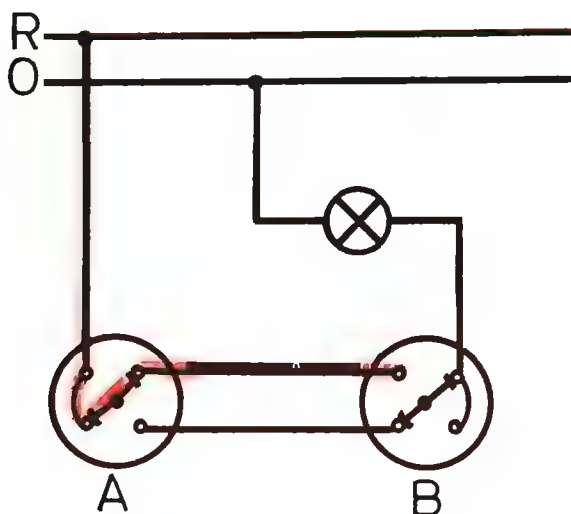
Insistimos en que en este capítulo hablamos tan sólo de posibilidades de control múltiple obtenidas con el empleo exclusivo de conmutadores. Tratamos de conocer la función que puede desempeñar un conmutador dentro del complejo esque-

ma de una instalación doméstica. Luego, dentro de muy poco, hablaremos de las soluciones reales que permiten cubrir todas las necesidades eléctricas (valga la expresión) de una vivienda. Entonces, el conocimiento de las posibilidades descubiertas en cada uno de los elementos de control estudiados será una ayuda eficaz para prever su utilidad dentro de un conjunto.

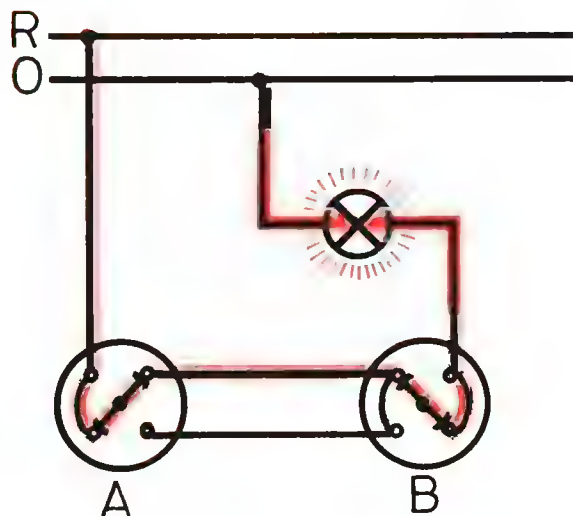
Observará también que empleamos de forma asidua los conmutadores de cruzamiento para controlar un punto de luz desde tres o más lugares. Este elemento de control, en efecto, ha sido profusamente utilizado y su interés sigue vigente... aunque con determinadas restricciones. Actualmente —lo veremos en su día— tales controles múltiples se solucionan, en muchísimos casos, mediante dispositivos automáticos que regulan el tiempo durante el cual debe permanecer encendido el punto de luz instalado. Los relés proporcionan mayor simplicidad en la instalación y una seguridad de economía en el consumo al asegurar el cese de la corriente cuando el circuito lleva un determinado tiempo cerrado.

Y después de estas observaciones finales, tendientes a deshacer posibles equívocos, pasemos a estudiar los esquemas de algunas instalaciones que permiten gobernar una luz desde dos o más lugares distantes entre sí.

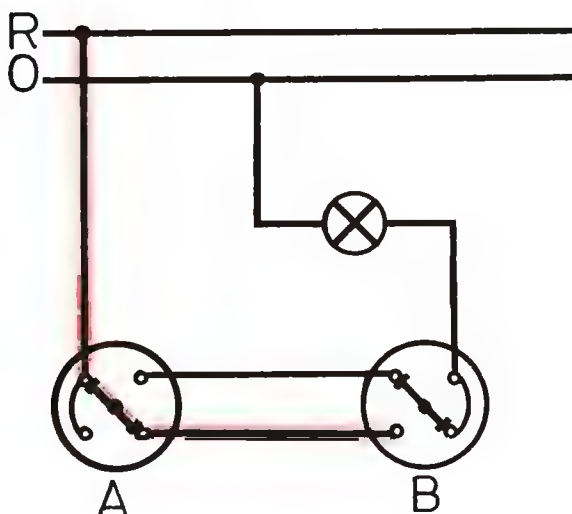
## MANDO DE UNA LAMPARA O GRUPO DESDE DOS PUNTOS DISTINTOS



Para controlar una lámpara o grupo de lámparas desde dos puntos distintos necesitamos dos conmutadores de dos direcciones.

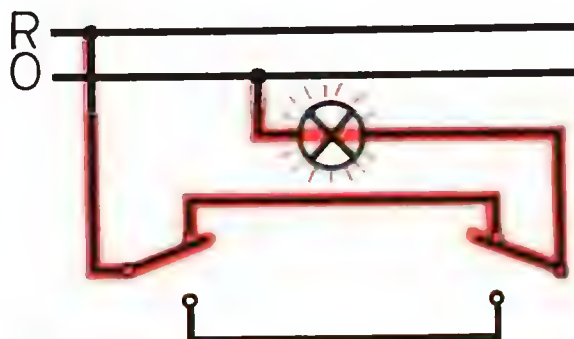


Accionando uno cualquiera de los conmutadores se encenderá la lámpara si estaba apagada y se apagará si estaba encendida.



Accionando el conmutador A apagaremos la lámpara que en la posición anterior dejamos encendida. Siempre accionando uno de los conmutadores A o B obtendremos un resultado inverso: lámpara encendida o lámpara apagada.

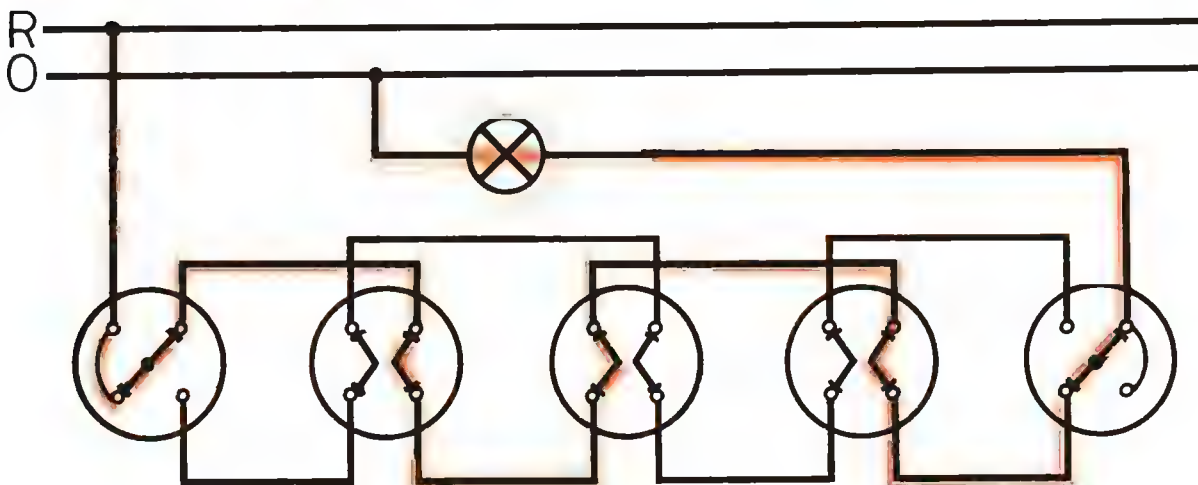
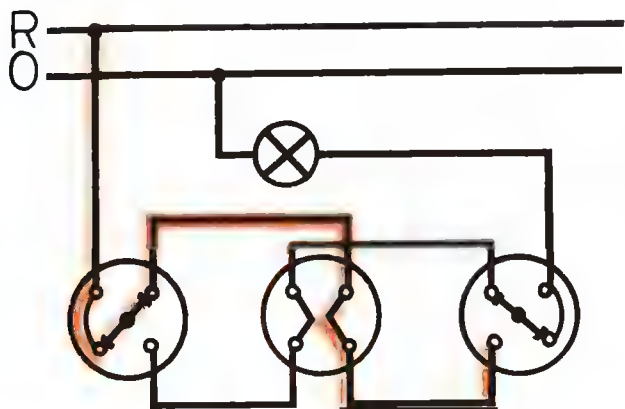
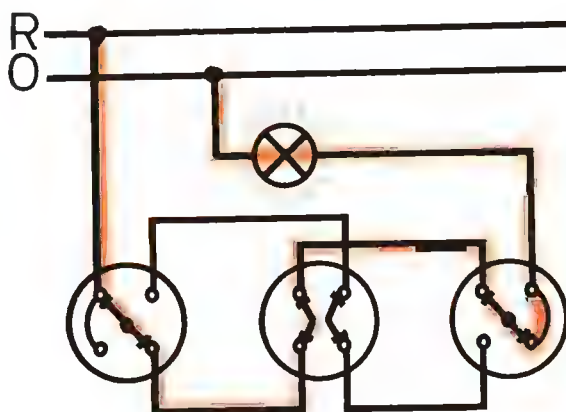
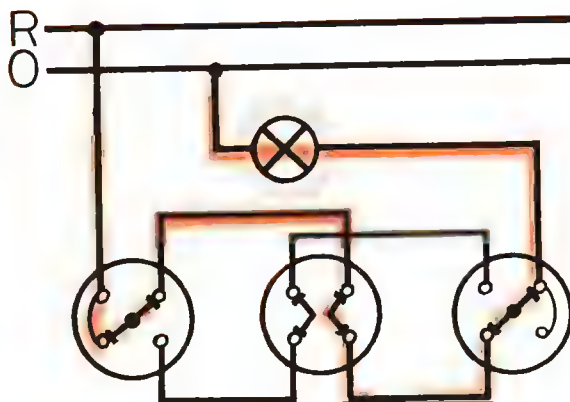
Para representar esta instalación podemos valer nos del símbolo teórico para conmutadores de dos direcciones. Vea el esquema resultante.



Esta instalación con dos conmutadores es, quizás, una de las más empleadas. En las estancias con dos salidas, por ejemplo, permite la comodidad de encender la luz al entrar en ellas por una de sus puertas y apagarla al salir por la otra. Los conmutadores, naturalmente, se colocan al lado del marco de las dos puertas. Así no es necesario retroceder para apagar la luz, evitándose la incomodidad que representaría atravesar la estancia con la luz apagada en el supuesto de tener necesidad de salir por la otra puerta.

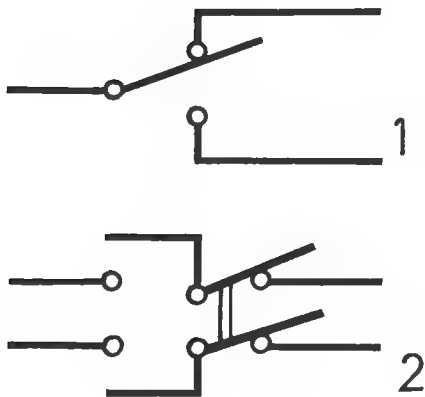
## MANDO DE UNA LAMPARA O GRUPO DESDE TRES O MAS PUNTOS DISTINTOS

Suponga que en nuestra casa existe un corredor bastante largo y que en su centro está colocada una lámpara que lo ilumina. Este corredor comunica el recibidor con el comedor o sala de estar y en él se abren las puertas que dan acceso a las demás dependencias de la vivienda. Dos conmutadores solucionan el control de la luz desde la salida del comedor y desde la entrada por el recibidor. Es el esquema que acabamos de ver. Pero ¿no será mucho más práctico disponer de un tercer control situado en el centro del pasillo? Evidentemente sí, máxime tratándose de un pasillo de considerable longitud. Vea el esquema que demuestra la instalación que permite este tercer control. Un conmutador de cruzamiento soluciona el problema.



Si deseamos gobernar la luz desde cuatro puntos, debemos añadir un nuevo conmutador de cruzamiento. Si fuesen cinco los puntos de control (caso que ilustramos) los conmutadores de cruzamiento serían tres. Seguiríamos siempre la misma pauta: conmutadores de cruzamiento, excepto en los controles extremos, donde situaríamos conmutadores de dos direcciones.





1.—Símbolo teórico del conmutador de dos direcciones.  
2.—Símbolo teórico del conmutador de cruzamiento.

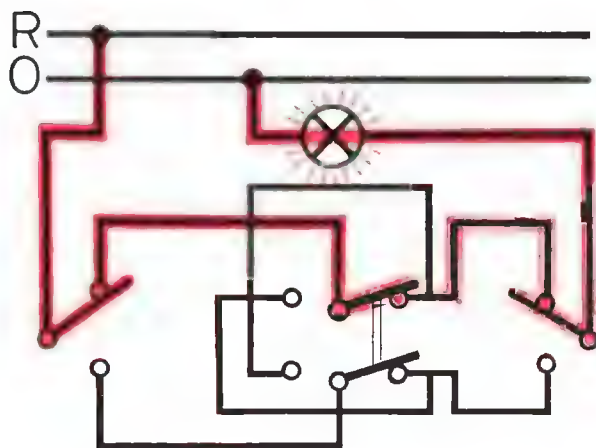
¡Un paso más en el estudio de las instalaciones domésticas! Combinemos algunos esquemas primarios para obtener el esquema de conjunto de distintos departamentos de una vivienda. Es enorme el número de esquemas de conjunto que pueden proponerse, pero consideramos que dando los más clásicos su imaginación, junto a la práctica y conocimientos que irá adquiriendo, harán el resto.

Luego, al considerar varios de estos esquemas de conjunto dependientes de una misma línea general, obtendremos el esquema de la instalación

## Dormitorio

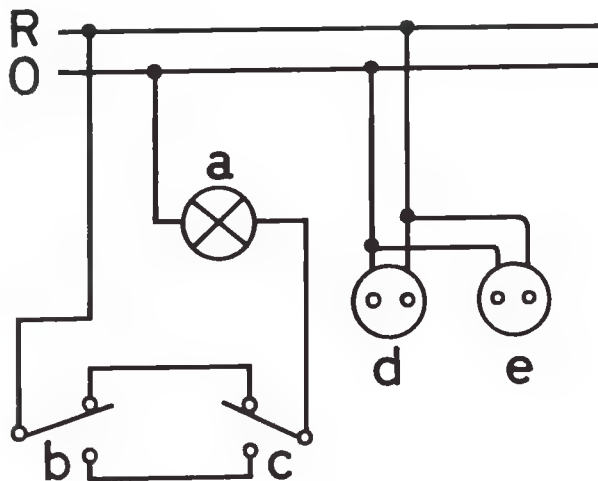


Empleando estos símbolos, el esquema se nos convierte en el que aquí dibujamos.



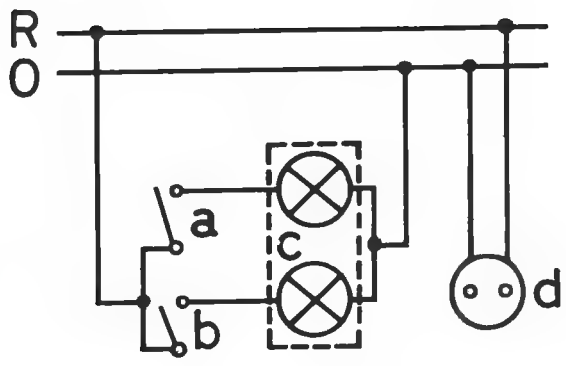
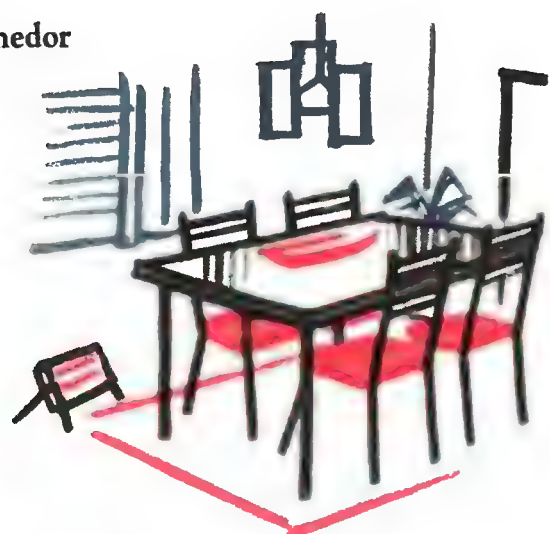
de un piso completo. Usted puede ver, en esta página y en la siguiente, el esquema de la instalación de un dormitorio, de un comedor, de un cuarto de aseo y de una cocina. Pues bien: prolongue la línea general de la instalación del dormitorio, haga salir de esta prolongación las derivaciones que corresponden a la instalación del comedor, aseo y cocina, y tendrá el esquema de la instalación de un piso completo.

Pero no vayamos a adelantarnos demasiado a los acontecimientos: aún debemos andar algo más en nuestro camino.



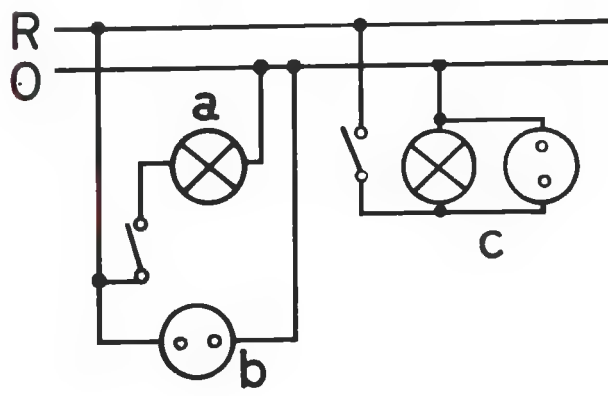
a.—Lámpara o grupo de lámparas.  
b y c.—Conmutadores de dos direcciones.  
d.—Enchufe para una mesita de noche.  
e.—Enchufe para otra mesita de noche.

Comedor



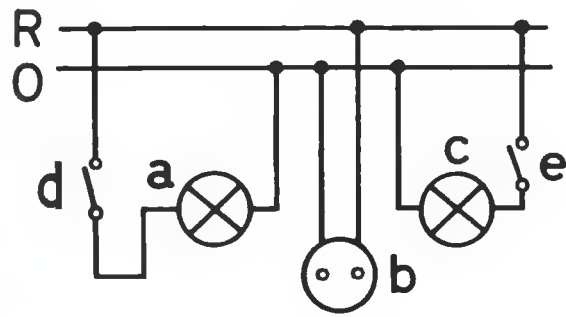
- a.—Interruptor para un grupo de bombillas.
- b.—Interruptor para el otro grupo de bombillas.
- c.—Lámpara con dos grupos de bombillas.
- d.—Enchufe para usos diversos.

Cuarto de aseo



- a.—Bombilla central.
- b.—Enchufe para calentador.
- c.—Conjunto de interruptor, lámpara y enchufe colocado sobre el espejo. El enchufe es inefectivo cuando el interruptor está abierto.

Cocina



- a.—Lámpara central.
- b.—Enchufe para aparatos varios.
- c.—Lámpara situada en el lugar donde se centra el trabajo.
- d.—Interruptor para la lámpara a.
- e.—Interruptor para la lámpara c.

Descanso: en el próximo capítulo sobre instalaciones reemprenderemos el tema para empezar a hablar de su estudio técnico y realización práctica.

Veremos cómo el estudio de una instalación doméstica se efectúa a partir de la planta del piso que tratamos de acondicionar en cuanto a suministro eléctrico, cómo el esquema técnico se reduce a un esquema unifilar con una serie de signos convencionales de muy fácil interpretación, y cómo de este plano y del conocimiento de las necesidades técnicas del proyecto se saca en con-

secuencia la lista de materiales y el presupuesto económico de la instalación.

Los materiales deben ajustarse a una serie de normas técnicas, dictadas por Comisiones nacionales o internacionales, que aseguran el rendimiento de la instalación, dentro de un margen de seguridad que exige la prudencia y que defienden las leyes de todo país.

He ahí una temática importante que empezaremos a desarrollar a partir de la próxima lección, donde cerraremos el ciclo de conocimientos teoricoprácticos que nos dejarán en condiciones de emprender el tendido real y definitivo de una instalación doméstica.

## Interpretación de esquemas

El título de este capítulo nos pone en antecedentes de lo que pretendemos explicar: convertiremos en realidad los esquemas de determinadas instalaciones, reproduciéndolos fielmente y comprobando cómo cada instalación responde perfectamente al esquema de la misma.

Interesa aclarar que los montajes que vamos a ejecutar no responden a las técnicas normales de una instalación. Es decir: nos interesa obtener un montaje claro y visible (valga la comparación) que nos acabe de afianzar en la interpretación de esquemas. En la realidad cotidiana del instalador estas mismas instalaciones —que ahora solucionaremos de una manera intuitiva— resultan muy diferentes... aunque se parta de los mismos esquemas que desarrollaremos. No vamos a movernos dentro del campo del tecnicismo, sino que trataremos de huir de la aridez del esquema dibujado para convertirlo en algo corpóreo, y te-

ner la ilusión de *verlo funcionar* sobre un tablero de madera. En éste las líneas que representan conductores se convertirán en conductores de verdad y los símbolos de enchufes, interruptores, conmutadores y demás aparataje, dejarán de ser simples dibujos para verse sustituidos por los objetos que representan.

Insistimos: no vamos a montar instalaciones en el sentido estricto de la palabra, por cuanto desestimaremos todos los tecnicismos que requerirían los esquemas a estudiar prácticamente en el caso de querer convertirlos en auténticas instalaciones sobre el terreno real; es decir: instalando en la vivienda. No le extrañe esta insistencia, porque los equívocos son muy peligrosos en estas lecciones en las que estamos formando los cimientos de su saber técnico. En la próxima lección estudiaremos instalaciones auténticas.

## EL MATERIAL NECESARIO

Para la realización de las prácticas que vamos a proponerle, necesitaremos el siguiente material:

- a) Un tablero de madera que mida aproximadamente 28 × 22 cm (Sobre él montaremos nuestros circuitos.)
- b) Dos bases de enchufe.
- c) Una clavija de enchufe.
- d) Dos conmutadores.
- e) Un interruptor.
- f) Dos portalámparas.
- g) Unos dos metros de cable o hilo de conducción con cubierta aislante.
- h) Un portafusibles.
- i) Dos clavos aislantes.

Todo este material debe ser del que normalmente se emplea en las instalaciones domésticas. Sólo debe tener la precaución de comprobar que se ajuste a las características de la corriente de que disponga en su casa. Lo normal es un material de aparataje capaz de soportar corrientes de 3 a 5 amperios. El material que describimos a título de ejemplo responde por sus características —como en todos los montajes— al que más fácilmente puede encontrarse en el mercado. Precisamente por ello puede sustituirse por otro.





## PREPARACION DEL TABLERO

CONDUCTORES

CLAVOS

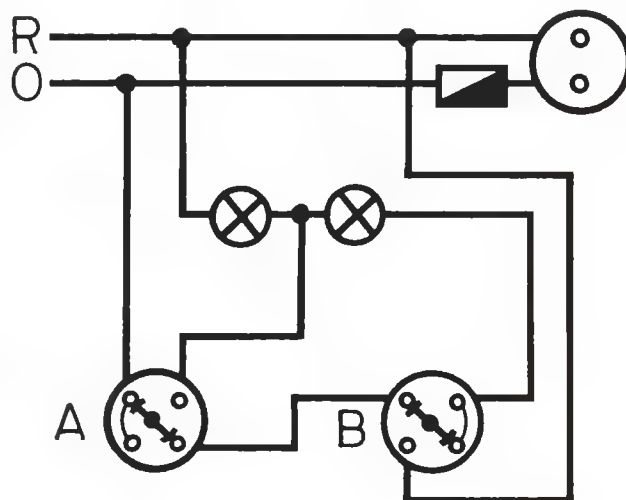


La preparación del tablero consistirá en proveerlo de lo que podemos comparar a la línea general de nuestro esquema. Dos conmutadores que arrancan de una base de enchufe, un fusible intercalado en uno de los conductores y dos clavos que sujetan el extremo de los mismos. La fotografía es lo bastante clara como para que no sea necesario añadir más palabras.

## PRIMERA PRACTICA

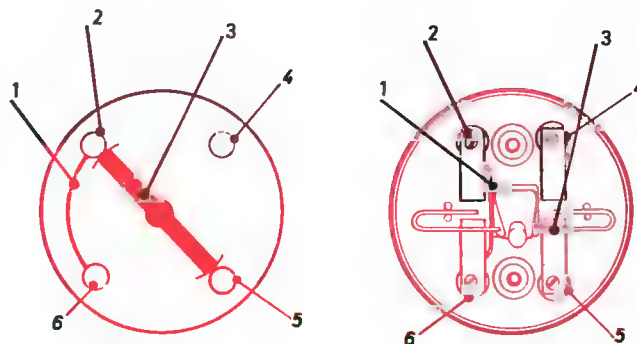
Vea este primer esquema y con la imaginación sustituya lo que son líneas por un hilo conductor. Imagine también los portalámparas que requeriremos para la colocación de las bombillas. Piense que los cuatro puntos de los conmutadores son terminales, con su correspondiente tornillo, donde sujetar los extremos de los hilos conductores que deben conexionarse a estos aparatos. El esquema deja de ser un símbolo para convertirse en un dibujo que representa la realidad.

La realidad la encontraremos en el mercado, donde podemos adquirir la aparamenta necesaria. El modelo de los portalámparas, por ejemplo, puede ser uno o puede ser otro; pero siempre encontraremos en él los dos terminales donde conectar los conductores que en el esquema parten del símbolo que representa las bombillas.

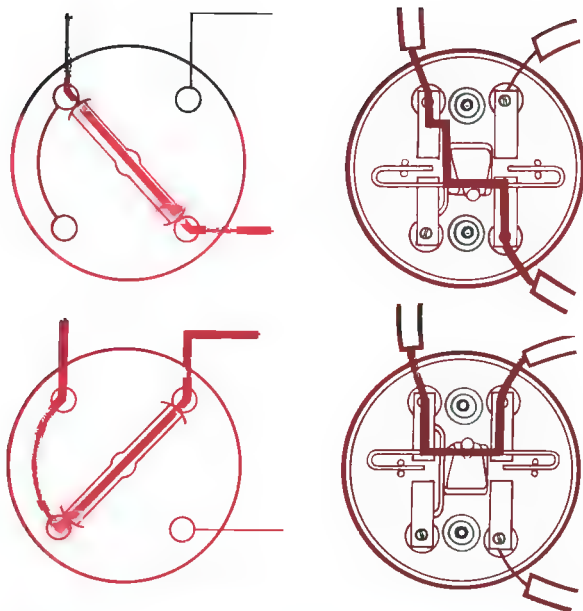


## EL CONMUTADOR

Se trata de un conmutador de dos posiciones. El esquema demuestra con toda claridad que está formado por cuatro bornes, dos de los cuales quedan unidos por un conductor. Gracias al puente que en el gráfico señalamos con el número 1, siempre que la corriente llegue al borne 2 alcanzará también el borne 6. Relacione ahora el esquema con la realidad. Hemos escogido un conmutador de palanca, en vez de uno rotativo, para que vea que esta diferencia no afecta para nada la interpretación del símbolo. La palanca 3 sustituye la pieza rotativa 3 del símbolo. Observe cómo los bornes 2 y 5, que en el símbolo quedan direc-



1. Puente de conexión. — 2, 4, 5 y 6. Bornes de conexión. — 3. Pieza móvil.



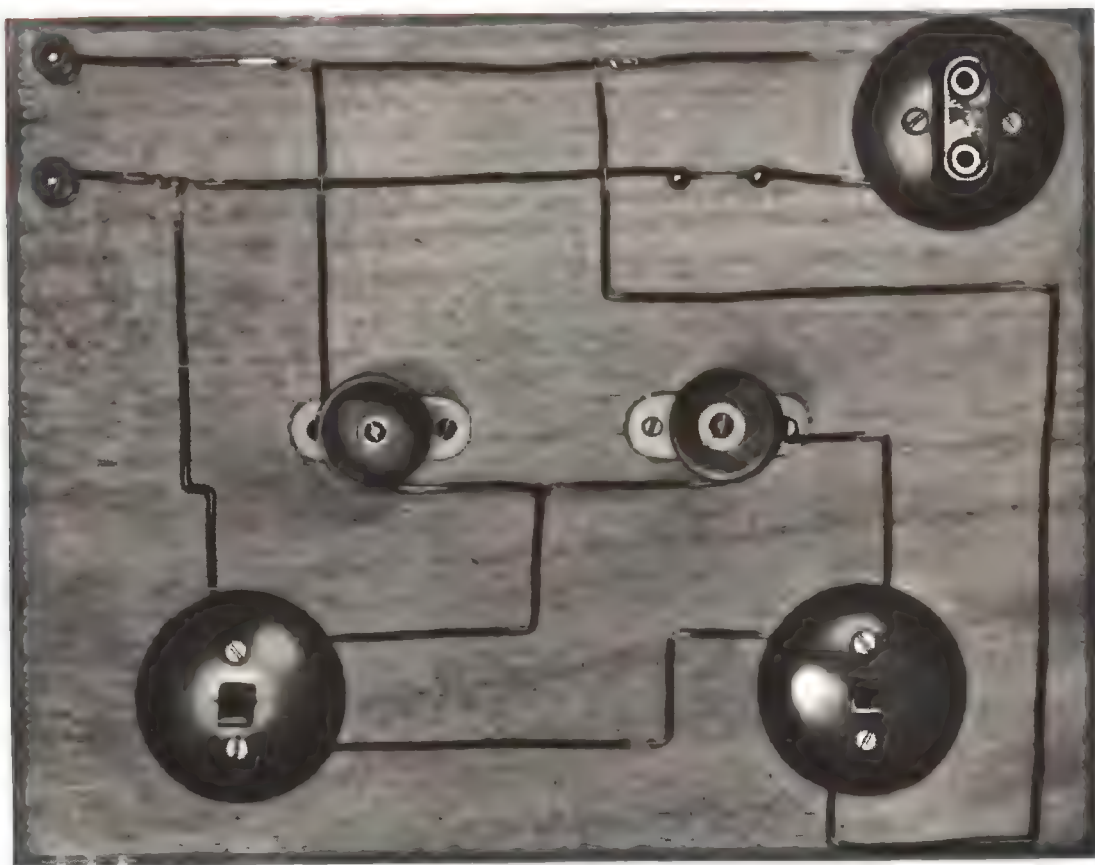
tamente conectados por la pieza 3, en la realidad se conectan a través de la pieza 1.

En nuestra práctica necesitamos efectuar conexiones en los bornes 2, 4 y 5 (vea el esquema, por favor), con lo cual en cada conmutador tendremos una primera posición en que la corriente entrará por 2 y saldrá por 5. Para esta posición, la corriente pasará del borne 2 al borne 6, a través de la pieza de conexión 1; y del borne 6 al borne 5, a través de la palanca 3, que, como puede suponer, es de metal.

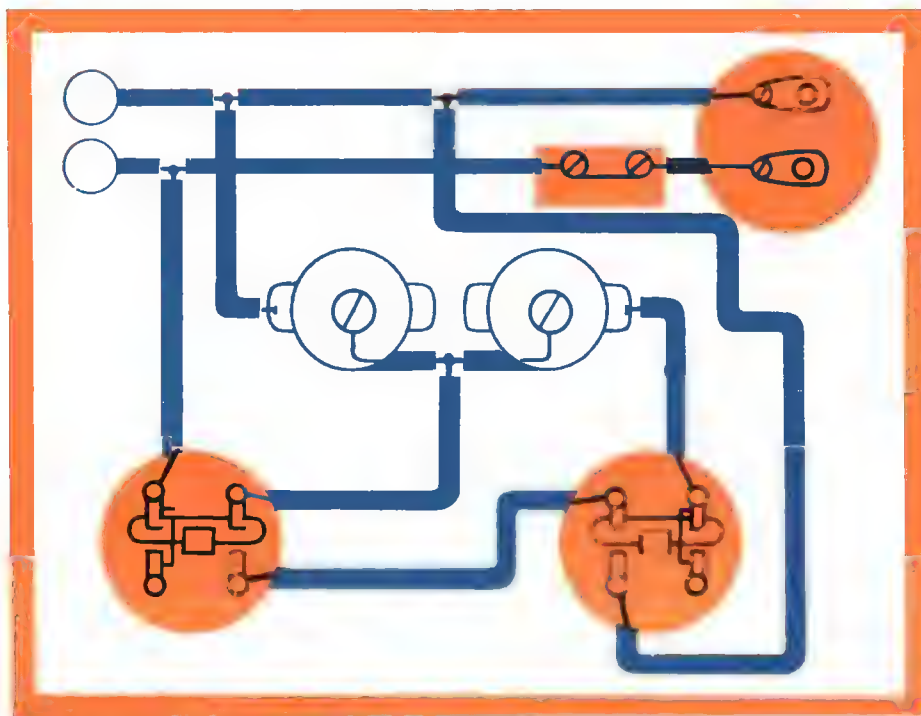
La segunda posición del conmutador permite que la corriente, entrando por 2, salga por 4. Observe que en el símbolo (que se ajusta a un conmutador rotativo) la corriente llega a 4 habiendo pasado por la pieza de conexión 1. En cambio, en nuestro conmutador de palanca, la corriente pasa directamente de 2 a 4 gracias a la palanca.

Y después de este preámbulo, vea el montaje del esquema de la primera práctica:

## MONTAJE

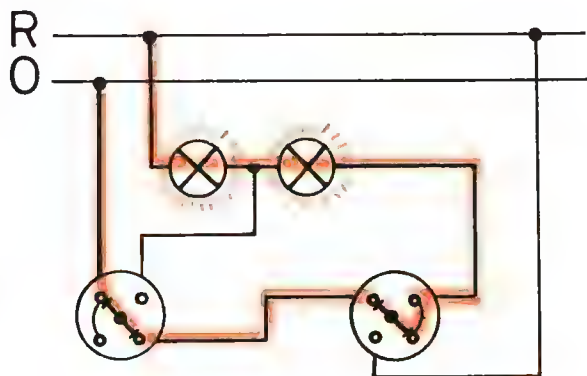


Esta es la fotografía del primer montaje. Observe cómo se ha seguido el esquema en todos sus detalles. Los hilos de conexión siguen la dirección indicada en el esquema y todos los elementos de la instalación están colocados conforme aparecen en él. Vea a la izquierda un pequeño gráfico mostrando la forma de realizar los empalmes.

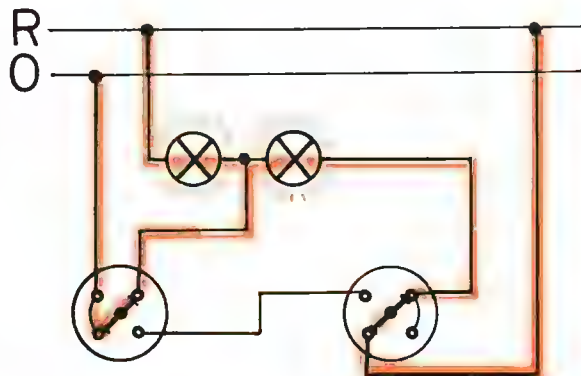


Añadimos este dibujo, donde se muestra la totalidad de los empalmes y conexiones realizadas. Observe en la fotografía anterior cómo la caja del fusible se ha sustituido por dos clavos, entre los cuales se ha colocado un hilo de plomo delgado. Si realiza su montaje siguiendo exactamente la pauta señalada por este gráfico, es imposible que surja algún error.

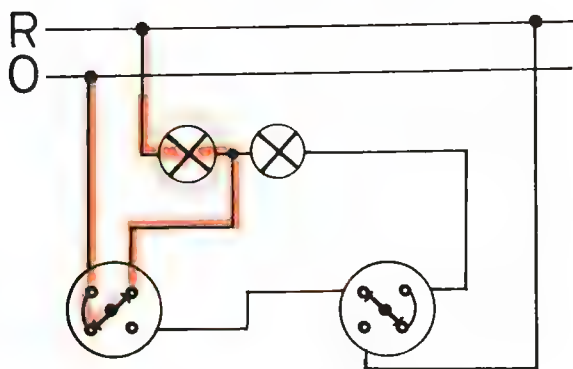
Compruebe ahora cómo por la posición relativa de los dos conmutadores obtenemos cuatro resultados que, en esquema, podemos representar así:



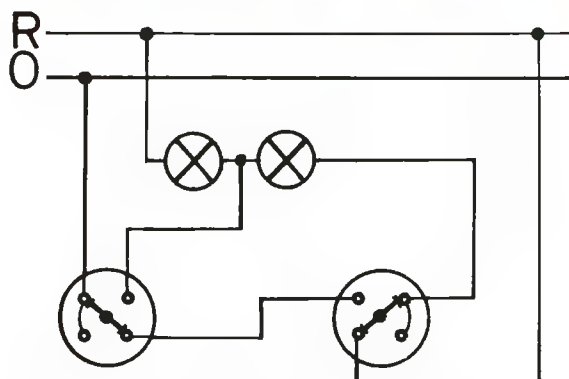
Lámparas en serie. Las dos encendidas.



Lámparas en paralelo. Las dos encendidas.



Una lámpara encendida.



Las dos lámparas apagadas.

La comprobación es directa, pero ¿y si le preguntamos cuál es la causa de este comportamiento...?

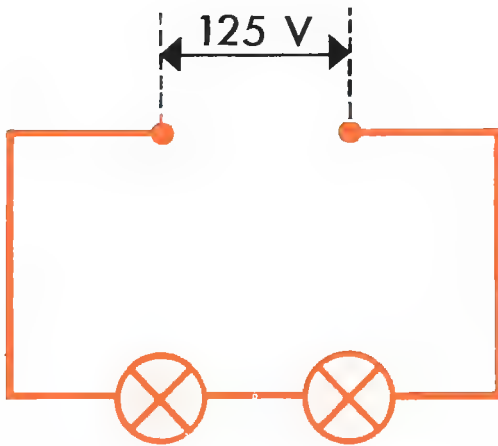
Es muy sencillo: Suponga que ha utilizado lámparas de 10 W y 125 V.

Conocemos las fórmulas  $W = V \times I$  y  $V = R \times I$ , de donde resulta que:

$$I = \frac{W}{V} = \frac{10}{125} = 0'08 \text{ A}$$

Cada lámpara consume 0'08 A, de donde deducimos que cada lámpara tiene una resistencia de:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{125}{0'08} = 1.562'5 \Omega$$



Al ser dos lámparas iguales conexas en serie, tendremos:

$$R_t = 1.562'5 \times 2 = 3.125 \Omega$$

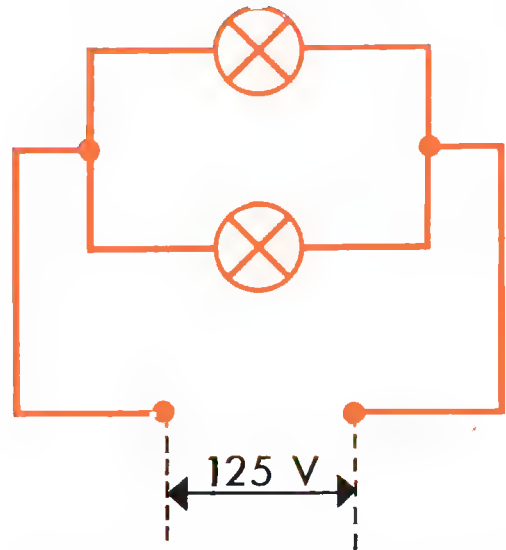
En consecuencia, en el circuito tenemos un voltaje de 125 V en sus extremos A y B y una resistencia total de 3.125  $\Omega$  con lo cual la intensidad de la corriente será:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{125}{3125} = 0'04 \text{ A}$$

Veamos finalmente el voltaje que encontramos en B y C:

$$V = R \times I = 1.562'5 \times 0'04 = 62'5 \text{ V}$$

Total: con el montaje en serie, cada lámpara está conectada a una tensión (voltaje) de 62'5 V y absorbe 0'04 A.



Cuando los conmutadores nos producen un montaje en paralelo la resistencia total del circuito será:

$$R_t = \frac{1562'5}{2} = 781'25 \Omega$$

La intensidad de la corriente valdrá:

$$I = \frac{125}{781'25} = 0'16 \text{ A}$$

O sea que, con una conexión en paralelo, en la que sabemos que la tensión entre los bornes de cada lámpara seguirá siendo la misma que aparece en los extremos del circuito, cada lámpara estará sometida a un voltaje de 125 V, absorbiendo 0'08 A cada una, puesto que la intensidad debe bifurcarse al llegar al nudo (recuerde a Kirchhoff) sumándose a la salida

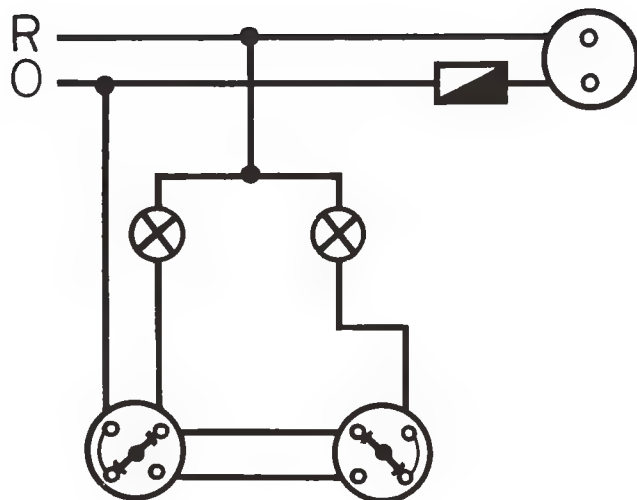
Es lógico, pues, que con más voltaje y mayor consumo las bombillas nos proporcionen más luz. Por otra parte, recuerde que en la conexión en serie tenemos doble resistencia.



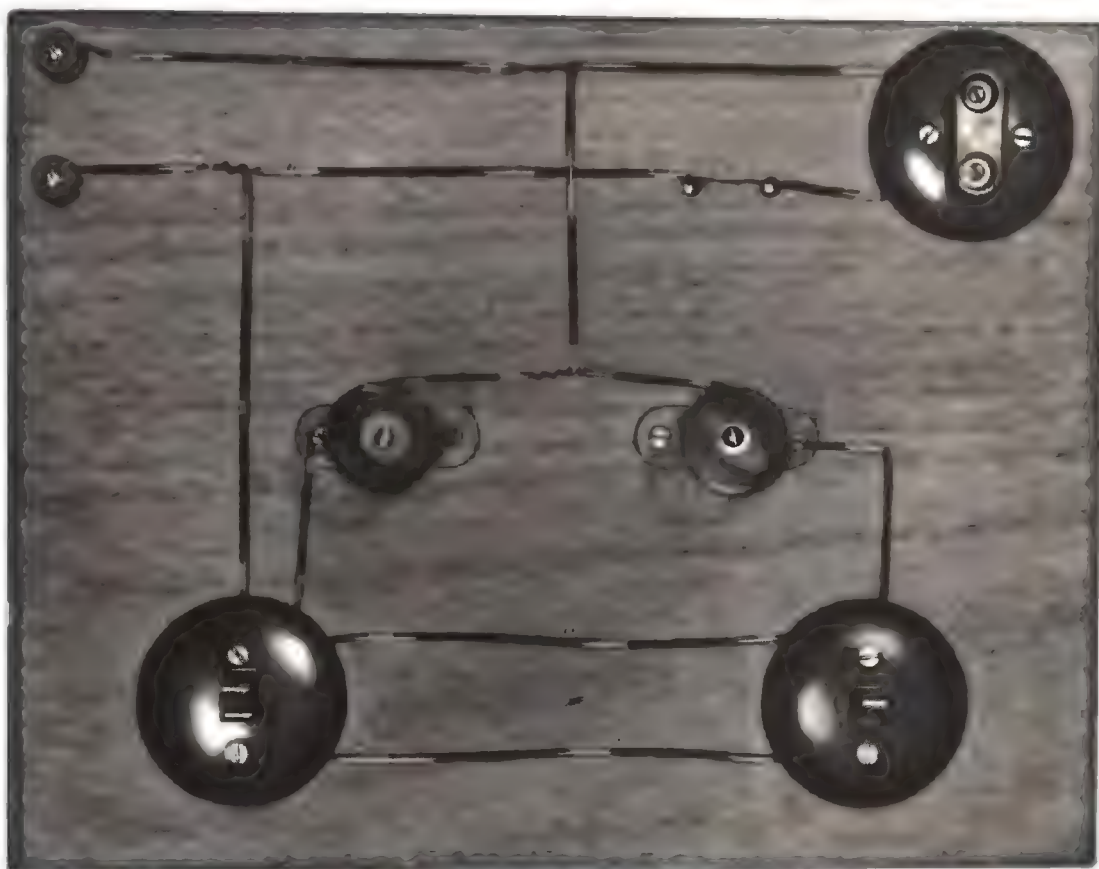
## SEGUNDA PRACTICA

La segunda práctica consistirá en desarrollar el esquema que ve al margen. Pese a su similitud con el anterior, presenta notables diferencias. Observe que el segundo conmutador no se comunica directamente con la línea general, sino que lo hace a través del tramo que une en serie las bombillas A y B. También existe una buena diferencia en la forma de conectar los dos conmutadores, si bien los bornes empleados siguen siendo los mismos.

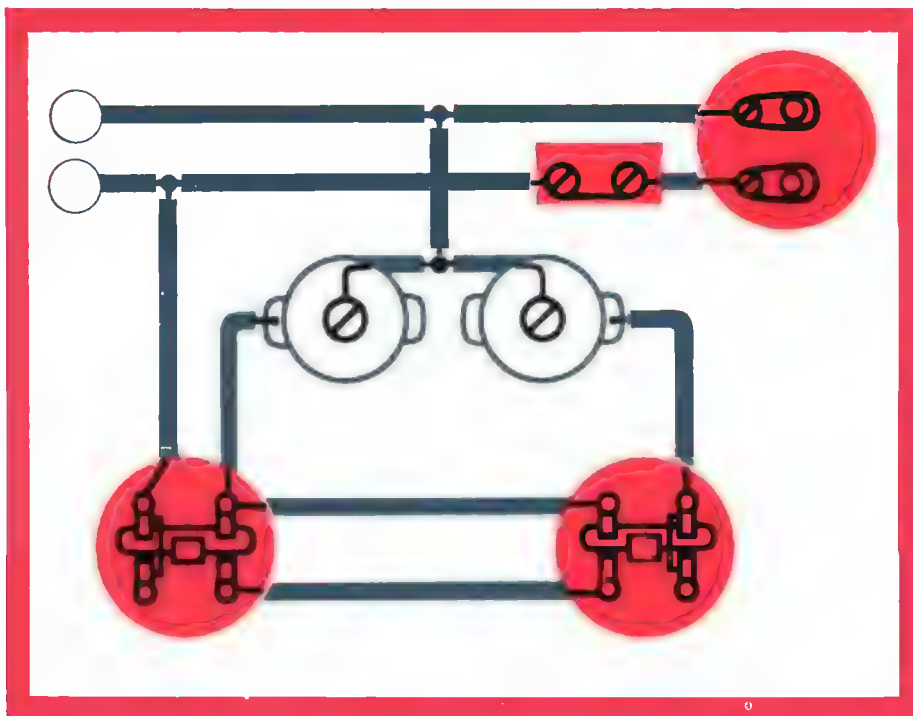
Desmonte la anterior práctica y dedíquese a la segunda. No hace falta desmontar la línea general, naturalmente, puesto que será igual para todos los montajes.



## MONTAJE



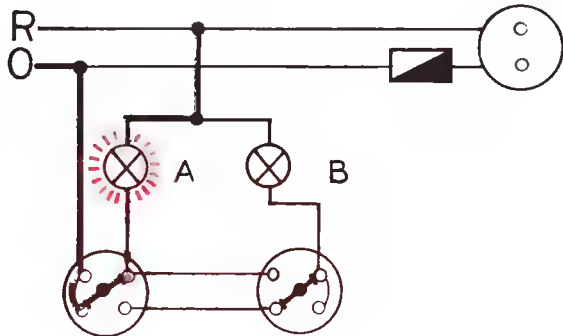
Vea la fotografía del segundo montaje. Como en el anterior, la caja del fusible se ha sustituido por los dos clavos, entre los cuales se ha colocado el hilo de plomo propio de un cortacircuitos. Este fusible será una buena protección para la red de su casa si, por casualidad, se equivoca en alguna conexión. En este caso saltará el fusible, sin mayores consecuencias.



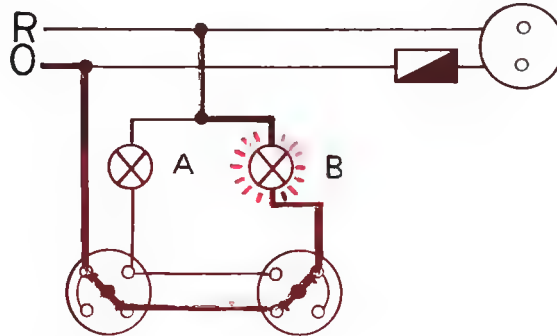
También en este caso le proporcionamos el gráfico con la totalidad de las conexiones y empalmes requeridos en este montaje. Creemos que por este sistema hemos conseguido una absoluta claridad. Observe que se trata de la representación del montaje, en el supuesto de que los elementos fuesen transparentes.

Como en el caso anterior, tendremos cuatro resultados distintos, según sea la posición relativa de los dos conmutadores. Creemos que usted

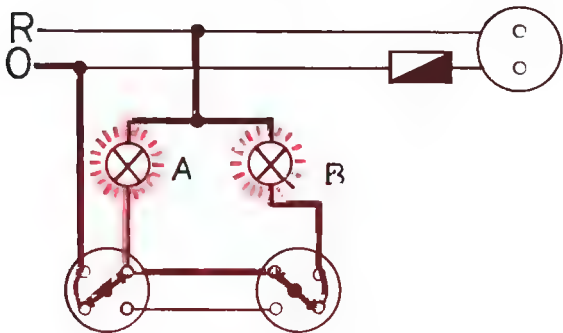
puede deducir de antemano cuáles serán los resultados obtenidos con este esquema; pero, una vez más, los representaremos esquemáticamente.



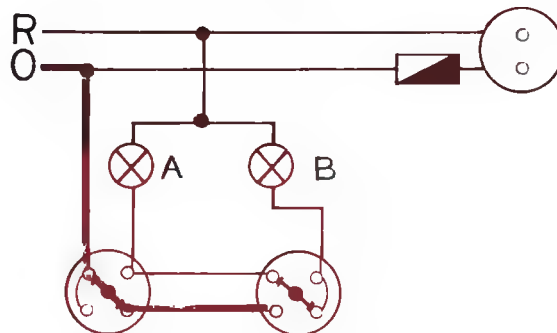
Lámpara A encendida.



Lámpara B encendida.



Lámparas A y B encendidas.

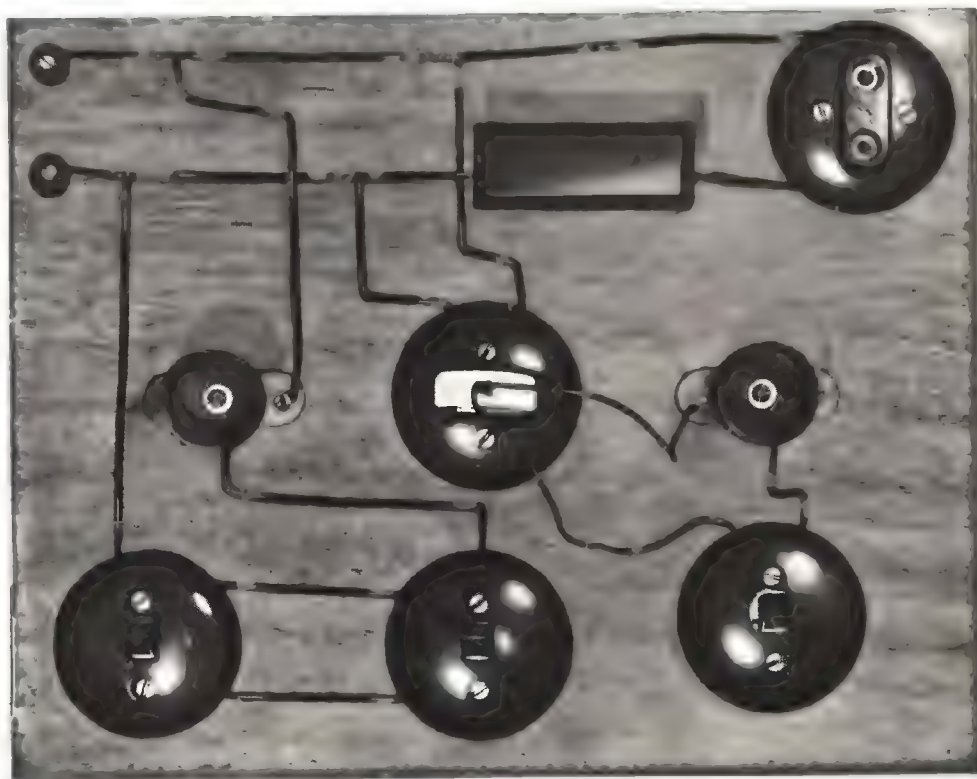
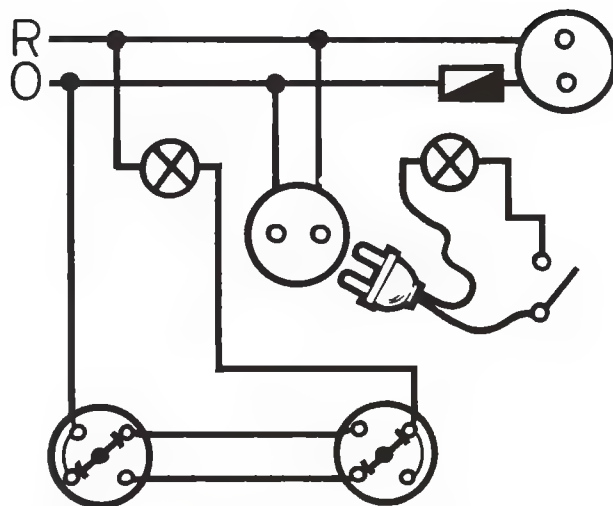


Lámparas A y B apagadas.

### TERCERA PRACTICA

Si medita este esquema, comprobará que representa la instalación clásica de un dormitorio. Dos conmutadores para el control de una lámpara principal y un enchufe donde conectar una lámpara auxiliar que, a su vez, se controla por medio de un interruptor particular. Nos abstengamos de añadir nada más, ya que los dos montajes anteriores le habrán capacitado para interpretar no tan sólo éste, sino cualquier esquema similar a los que hemos visto. Añadimos, eso sí, el montaje terminado.

Comprenderá que un dormitorio nunca se instalará siguiendo al pie de la letra el trazado del esquema, que es lo que hemos venido haciendo en estas prácticas. La instalación real se hace de manera bastante distinta, pero la CORRIENTE SIGUE EL CAMINO QUE MARCA EL ESQUEMA.



Este es el último montaje. Omitimos la transparencia por considerar que, después de las prácticas anteriores, no encontrará ninguna dificultad para interpretar el esquema correspondiente a la instalación de un dormitorio.

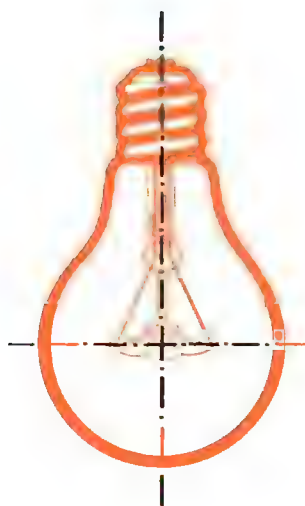
### ¡ATENCIÓN!

No olvide que está manejando una corriente de 125 ó 220 voltios y que estas tensiones empiezan a ser de cuidado. Piense, pues, dónde pone los dedos; asegúrese de haber desconectado el circuito de la red, cuando proceda a desmon-

tar o rectificar alguna conexión, aunque lo mejor es que esto último no deba hacerlo. Hay repeticiones que no sobran nunca: no trabaje con despreocupación, antes bien, hágalo con sus cinco sentidos puestos en la tarea.

# **ELECTRICIDAD**

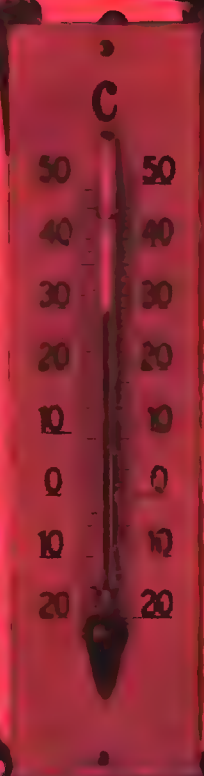
**Termología**  
**Termómetros**  
**Pirómetros**  
**Energía eléctrica y calor**  
**Fusibles**  
**Termoelectricidad**  
**Instalaciones domésticas**  
**de luz. Cálculo**



**LECCION N<sup>o</sup>**

**5**





## LA ELECTRICIDAD Y EL CALOR

LA ENERGÍA NO SE CREA NI SE DESTRUYE; SÓLO SE TRANSFORMA. Así reza la ley de la conservación de la energía, que veremos cumplirse en todas las manifestaciones de la electricidad, excepcional forma de la energía que entre sus muchas ventajas cuenta la de su natural facilidad para transformarse en otras manifestaciones energéticas, muy especialmente en calor.

Toda corriente eléctrica lleva implícita la liberación de una cierta cantidad de calor.

Todos sabemos que las resistencias eléctricas se calientan; tanto más cuanto mayor sea su potencia. Nadie ignora que una lámpara de incandescencia desprende calor desde el mismo instante en que por ella empieza a circular una corriente eléctrica, alcanzando temperaturas irresistibles para nuestros dedos.

A mayor vataje corresponde un mayor calentamiento.

La electricidad y el calor son dos formas de la energía tan íntimamente relacionadas que nunca pueden considerarse en completa independen-

cia. El calor influye decididamente sobre los factores que condicionan una corriente eléctrica; y recíprocamente, el paso de una corriente eléctrica por un conductor lleva parejo algún fenómeno calorífico.

En electricidad se habla de termopares, de relés térmicos..., de muchas cosas que nos llevan al calor partiendo de la electricidad o al control de la electricidad aprovechando la acción del calor. Hemos alcanzado un nivel en nuestros estudios que exige la recopilación de una serie de conocimientos sobre la ciencia del calor si queremos progresar en el campo de la electrotecnia.

No hay más solución que estudiar un poco de termología.

De la importancia de estos conocimientos nos daremos perfecta cuenta cuando alcancemos los estudios referentes a todo lo que es maquinaria eléctrica, acondicionamientos de aire y aparatos electrodomésticos. La producción de calor es un fenómeno inseparable de toda manifestación eléctrica; lo repetimos aunque sea una reiteración.

# TERMOLOGIA

LA TERMOLOGÍA ES LA CIENCIA QUE ESTUDIA EL CALOR, que en principio consideraremos como una sensación que nos da directamente el concepto de frío o de caliente. La mayor o menor sensación de frío, así como la mayor o menor sensación de ca-

## TEMPERATURA

LLAMAMOS TEMPERATURA A LA MEDIDA DEL CALOR. En cuanto podemos hablar de cantidades de calor, indefectiblemente hablamos de temperatura. Dicho de otra manera: el efecto más inmediato del calor es la temperatura que alcanzan los cuerpos.

Una de las maneras de medir la temperatura, lo hemos dicho, es la que se vale del sentido del tacto. La sensación de muy frío, frío, templado, caliente y muy caliente, son apreciaciones primarias e inmediatas captadas por nuestro cerebro, mediante un proceso sensorial. Pero no se nos oculta la imperfección de estas mediciones apro-

lor, pasando por la categoría de lo templado, permite medir de una forma puramente sensitiva los efectos que el calor produce en los cuerpos que nos rodean.

ximadas, que no pueden tener el mismo valor para todas las personas. Es sabido que no todas las naturalezas resisten el calor por igual: mientras hay individuos capaces de resistir temperaturas francamente elevadas, otros tienen la sensación de quemarse al tocar cuerpos cuya temperatura en modo alguno puede lastimarles. El calor, en cuanto debe ser un dato científico, necesita expresarse por cifras, por cantidades exactas y perfectamente inteligibles en todas las partes del Mundo. Para ello se recurre a los efectos que produce el calor.

## EFFECTOS DEL CALOR

El calor afecta todos los cuerpos de la naturaleza, aumentando su temperatura; pero además, actúa sobre sólidos, líquidos y gases, modificándolos en los siguientes sentidos:

1. — Modificando su volumen (fenómenos de dilatación).
2. — Modificando la presión (caso de la dilatación de gases confinados).
3. — Modificando el estado físico (fusiones y vaporizaciones, por ejemplo).
4. — MODIFICA LA RESISTENCIA ELÉCTRICA.

5. — MODIFICA EL ESTADO ELÉCTRICO DE DETERMINADOS CUERPOS PRODUCIENDO FUERZAS ELECTROMOTRICES.

6. — Modifica otras propiedades de los cuerpos, como por ejemplo la tenacidad y la elasticidad.

Aprovechando estos efectos del calor, se construyen variados aparatos que miden con mayor o menor exactitud la temperatura de los cuerpos. Estos aparatos reciben el nombre genérico de TERMÓMETROS o PIRÓMETROS (cuando se fabrican para la medición de temperaturas muy elevadas).



## TERMOMETROS

Los hombres son especialistas en muchas cosas, pero la especialidad que más les distingue es aquella que consiste en no ponerse nunca de acuerdo. Parece, empero, que ante el problema que representa medir la temperatura de los cuerpos han llegado a un completo acuerdo en una cosa: LLAMAR GRADO A LA UNIDAD DE TEMPERATURA y determinar que esta unidad carezca de submúltiplos. Sólo para mediciones termométricas de gran precisión se divide el grado en diez partes iguales. Cada una es una *décima de grado*. Hasta aquí, el acuerdo es perfecto. Pero no tardaremos en comprobar que, a pesar de existir una sola denominación para la unidad de temperatura (el grado), la contradicción surge al presentarse distintos criterios que dan al grado distinto valor absoluto. Un grado puede representar distintas temperaturas.

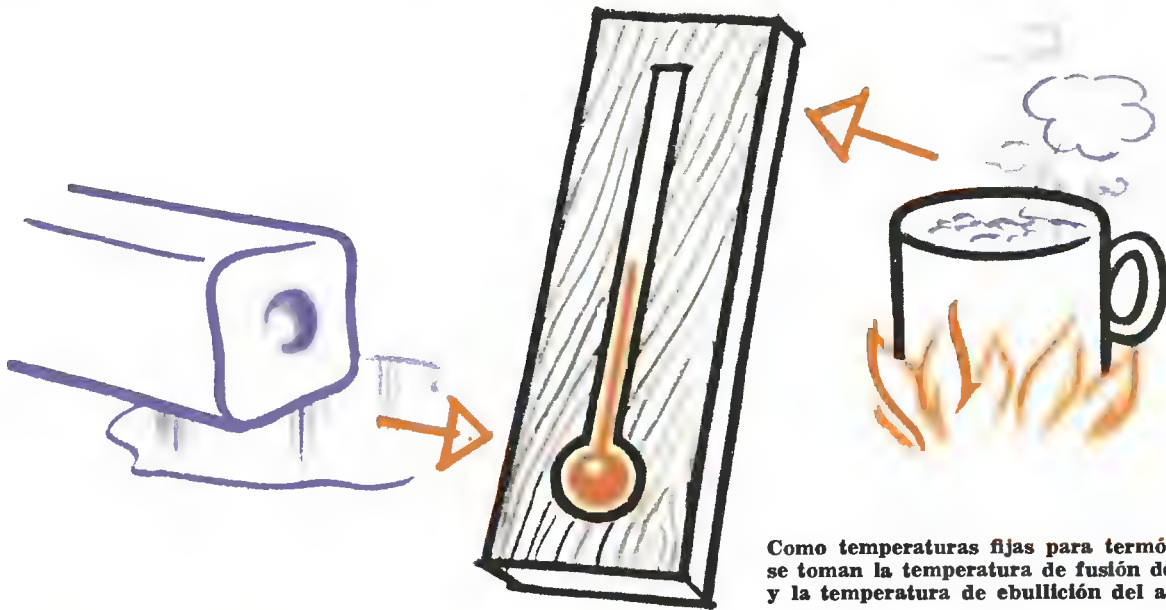
Ahora bien: apresurémonos a decir que hay un perfecto acuerdo al determinar las temperaturas fijas de los termómetros, que son las siguientes:

TEMPERATURA DE FUSIÓN DEL HIELO Y TEMPERATURA DE EBULLICIÓN DEL AGUA. La construcción de un

termómetro, en realidad, se reduce a señalar estos dos puntos fijos.

Cabe preguntarse (mejor diría que es pregunta obligada): ¿por qué se han escogido estos dos puntos fijos y no otros? Responder a esto nos lleva al conocimiento de una importante ley de la termología que dice: MIENTRAS LOS CUERPOS CAMBIAN DE ESTADO FÍSICO LA TEMPERATURA PERMANECE CONSTANTE.

El agua, por ejemplo, se presenta en los tres estados físicos. Todos sabemos que el agua se evapora por el calor y se solidifica por la acción del frío. Una masa de hielo puede alcanzar temperaturas bajísimas; pero si la temperatura de esta masa de agua sólida aumenta paulatinamente llegará un momento en que el hielo empezará a fundir. Pues bien: ¡mientras dure la fusión de esta masa de hielo, su temperatura permanecerá constante, independientemente de la temperatura exterior! Cuando el agua hierve se convierte en vapor; y de acuerdo con la ley que hemos enunciado, la temperatura de ebullición será constante sin que la temperatura exterior influya en la masa de agua que está cambiando su estado líquido por el estado gaseoso.



Como temperaturas fijas para termómetros, se toman la temperatura de fusión del hielo y la temperatura de ebullición del agua.

## COMO SE CONSTRUYE UN TERMOMETRO

Uno de los efectos del calor que deben estudiarse con más detalle es la dilatación de los cuerpos.

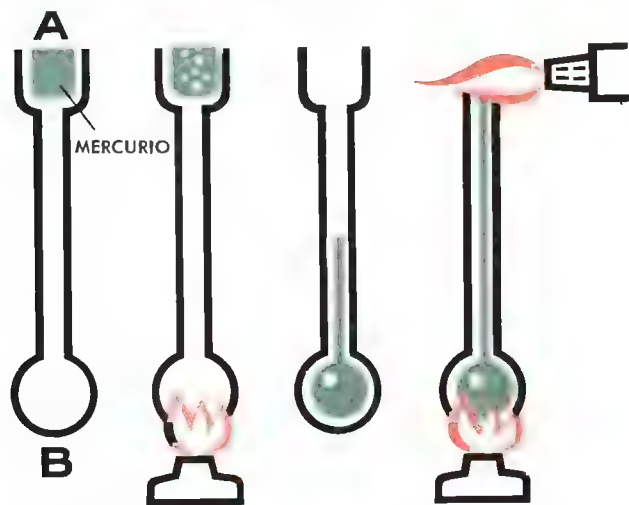
Si calentamos una varilla de acero, aumentará su longitud; aumento que puede ser, y real-

mente es, una medida de la temperatura, puesto que a mayor temperatura corresponderá una mayor dilatación. También los líquidos se dilatan, y esta propiedad es la que permite la fácil construcción de termómetros.

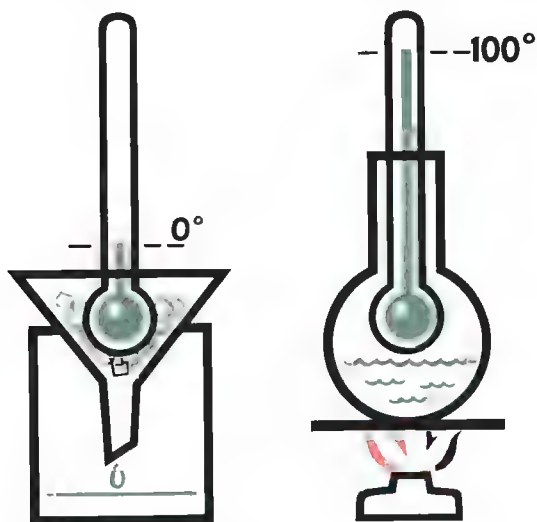


Se prepara un tubo capilar (de pequeñísimo diámetro) al que previamente se le han practicado dos ensanchamientos; uno en la parte inferior y otro en la parte superior.

Llenemos de mercurio el depósito A y calentemos el tubo aplicando una llama al depósito B. El aire contenido en B y en el tubo se dilatará por el calor, saliendo a través de A en forma de burbujas. El tubo y depósito inferior contienen cada vez menor cantidad de aire. Total: se forma el vacío en B, vacío que succiona el mercurio contenido en la parte superior del tubo desplazándolo hacia la parte baja. Una vez el mer-



**Preparación de un termómetro.** Se llena el depósito A. Se calienta el depósito B para expulsar el aire. Se cierra a soplete el extremo superior del termómetro.



**Se introduce el termómetro entre pedazos de hielo en fusión. Se sitúa la señal 0. Se introduce luego en un ambiente con agua hirviendo y se sitúa la señal 100.**

curio en el depósito B, lo calentaremos hasta observar que por dilatación sube a lo largo del tubo hasta la base del depósito A. En este momento se corta el tubo y se cierra con una llama de soplete. Tenemos el termómetro preparado para señalar los dos puntos fijos que nos servirán de referencia al determinar una escala en grados.

Se prepara un recipiente con trozos de hielo en los que se observe el desprendimiento de gotas de agua; es decir: interesa que el hielo contenido en el recipiente se encuentre en estado de fusión. En este ambiente helado introduciremos nuestro futuro termómetro. Lo introduciremos por el depósito de su parte inferior, observando que el mercurio contenido en el tubo desciende paulatinamente hasta quedar estacionado a un determinado nivel. Hemos alcanzado uno de nuestros puntos fijos. Sobre el tubo hacemos una señal.

Determinemos el segundo punto fijo del termómetro que, como recordará, debe indicar la temperatura del agua en ebullición. Introduzcamos el tubo de vidrio en una atmósfera de vapor obtenida a partir de una cierta cantidad de agua hirviendo. El mercurio sube por el tubo hasta que alcanza un nivel del que ya no se mueve. Hagamos una señal a este nivel y tendremos sobre el tubo los dos puntos fijos del termómetro.

El tubo así preparado puede montarse sobre un soporte rígido de madera, vidrio, cartón, metal, etc., al que trasladaremos las dos señales del termómetro. La distancia comprendida entre la señal inferior y la señal superior puede dividirse en un cierto número de partes iguales.

Es ahí, en este detalle, donde surge el desacuerdo. Mientras unos recomiendan un total de cien divisiones entre las dos señales fijas, otros establecen termómetros con ochenta divisiones entre el punto de fusión y el punto de ebullición. Y para acabarlo de complicar aparece un tercero en discordia: quien determina ciento ochenta divisiones entre los dos puntos fijos.

Si nos decidimos por un termómetro entre cuyos puntos fijos contamos cien divisiones, estaremos ante un termómetro Celsius o centígrado.

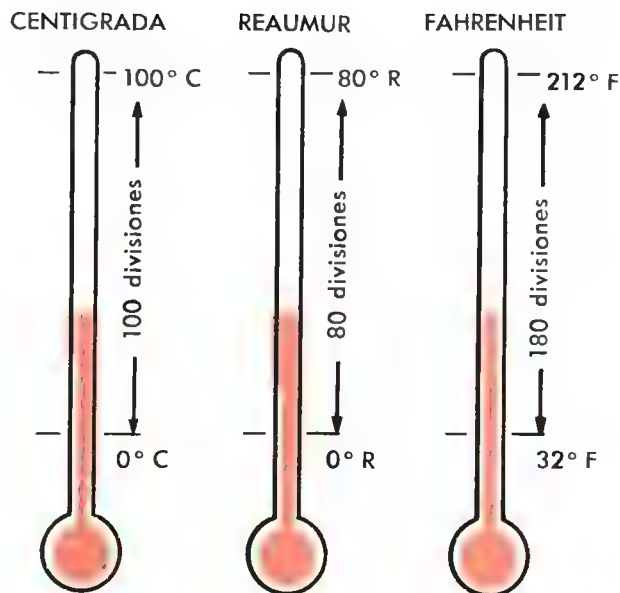
Si las divisiones son ochenta el termómetro será un Réaumur.

Será un termómetro Fahrenheit si las divisiones entre puntos fijos son ciento ochenta.

En la técnica moderna se utilizan los tres tipos de escalas. Una medición termométrica puede llegarnos en grados Celsius, Réaumur o Fahrenheit, circunstancia que nos fuerza a dominar las tres escalas conociendo la relación que existe entre una lectura efectuada en un termómetro



centígrado y las lecturas pertenecientes a la misma temperatura pero tomadas en un termómetro con grados R o grados F. Para mayor claridad y comprensión, establecemos esta relación en una forma gráfica. Observe que las escalas centígradas y Réaumur llaman cero grados a la temperatura de fusión del hielo, mientras que la escala Fahrenheit determina para esta misma temperatura un valor de 32 grados. Esta diferencia se basa en una razón natural, que es la siguiente: el termómetro Fahrenheit es propio de países fríos, donde el empleo de escalas Celsius o Réaumur llevaría a cotejar durante todo el año temperaturas expresadas por números negativos, que es lo que ocurre con los termómetros centesimales cuando la temperatura está por debajo de la de fusión del hielo, o sea, por debajo de los cero grados. En las escalas centígradas y Réaumur, los valores por debajo del cero se representan con números negativos.

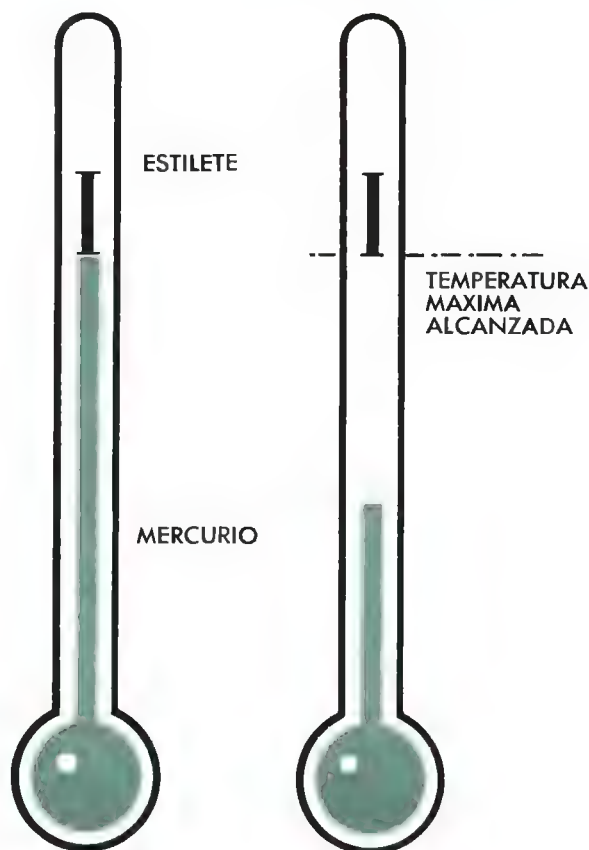


## TERMOMETROS ESPECIALES

### Termómetros de máxima

En determinadas ocasiones, y no sólo para estudios meteorológicos, resulta interesante conocer la temperatura máxima que ha alcanzado un ambiente o un cuerpo. Para llegar a este conocimiento de una manera experimental se emplean los llamados termómetros de máxima. Estos termómetros en nada difieren por su apariencia exterior de un termómetro normal; la única diferencia que los distingue es la incorporación de un estilete de hierro en el interior del tubo. Antes de introducir el termómetro en el ambiente cuya temperatura máxima se desea conocer, el estilete se pone en situación, dejándolo en contacto con el extremo superior de la columna de mercurio. El desplazamiento del estilete arriba y abajo del tubo que contiene el mercurio se consigue fácilmente con la ayuda de un imán.

Supongamos un termómetro de máxima cuyo estilete ha sido colocado en situación. Al introducir este termómetro en un ambiente más cálido del que ha determinado la temperatura inicial, el mercurio ascenderá por el interior del tubo y empujará el estilete metálico. Llegará un momento en que la dilatación no progresará: será cuando la columna de mercurio haya llegado al nivel que corresponda a la máxima temperatura alcanzada por el ambiente. Cuando la temperatura deje de ser la máxima, se producirá la consiguiente contracción del mercurio, que descenderá por debajo del nivel máximo alcanzado. Pero



Ante un descenso de la temperatura el mercurio se contrae, dejando el estilete a la altura que corresponde a la máxima temperatura alcanzada.

en este descenso no arrastrará el estilete de hierro, el cual permanecerá donde lo haya situado la máxima dilatación del mercurio o sea, allí donde está el nivel de la mayor temperatura alcanzada. En consecuencia, lo que podríamos llamar cabeza inferior del estilete coincidirá con aquella división del termómetro que corresponde al

## Termómetros de mínima

Son termómetros que se destinan para conocer la mínima temperatura alcanzada por un ambiente o por un cuerpo durante un período de tiempo determinado. El principio por el que actúan estos termómetros de mínima es el mismo que hemos visto en los termómetros de máxima, o sea, por la situación de un estilete que corre por el interior del tubo del instrumento. Sin embargo y pese a su similitud con los termómetros de máxima, encontramos algunas diferencias:

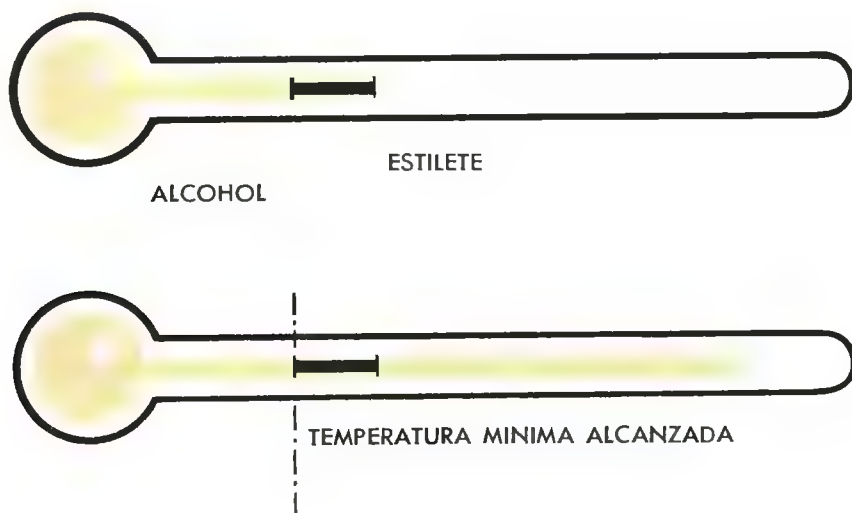
En los termómetros de mínima se sustituye el mercurio por alcohol, y deben colocarse en posición horizontal.

El estilete de estos termómetros se coloca en contacto con el índice superior de la columna de alcohol, pero (a diferencia de los termómetros de máxima) no se coloca por la parte exterior de la columna, sino por la parte interior. El estilete sólo se desplazará en el caso de una contracción del líquido, pero no debido a un aumento de la temperatura, en el caso de una dilatación. Ello es así porque el estilete está construido de tal forma que permite que el alcohol, en caso de dilatarse, se filtre a través de él. En cambio, en el caso de una contracción, y debido a la ten-

sión superficial del líquido, el estilete se verá arrastrado por la columna de alcohol hasta alcanzar la posición que corresponda a la mayor contracción del líquido, correspondiente a la mínima temperatura alcanzada por el ambiente o cuerpo que motiva el estudio.

Es posible que su curiosidad se haya centrado en el hecho de que en los termómetros de mínima se sustituya el mercurio por el alcohol. Todo tiene su explicación:

Los termómetros de mercurio tienen una zona de precisión comprendida entre  $-20^{\circ}\text{C}$  (20 grados bajo cero) y  $200^{\circ}\text{C}$  (200 grados sobre cero). Por debajo de los  $20^{\circ}$  bajo cero el mercurio deja de contraerse con regularidad. No es recomendable para la medición de temperaturas mínimas, que, como es de presumir, pueden descender por debajo de los  $-20^{\circ}$ . El alcohol, en cambio, es un líquido que no se congela hasta los  $-130^{\circ}\text{C}$ , temperatura suficientemente baja para garantizar el perfecto funcionamiento de un termómetro de mínima. Queda explicada, pues, la sustitución del mercurio en este tipo de termómetros.



Los termómetros de mínima son de alcohol y se sitúan en posición horizontal. La contracción del líquido arrastra el estilete, que permanece en el punto donde corresponde la mayor contracción, o sea, la mínima temperatura alcanzada.

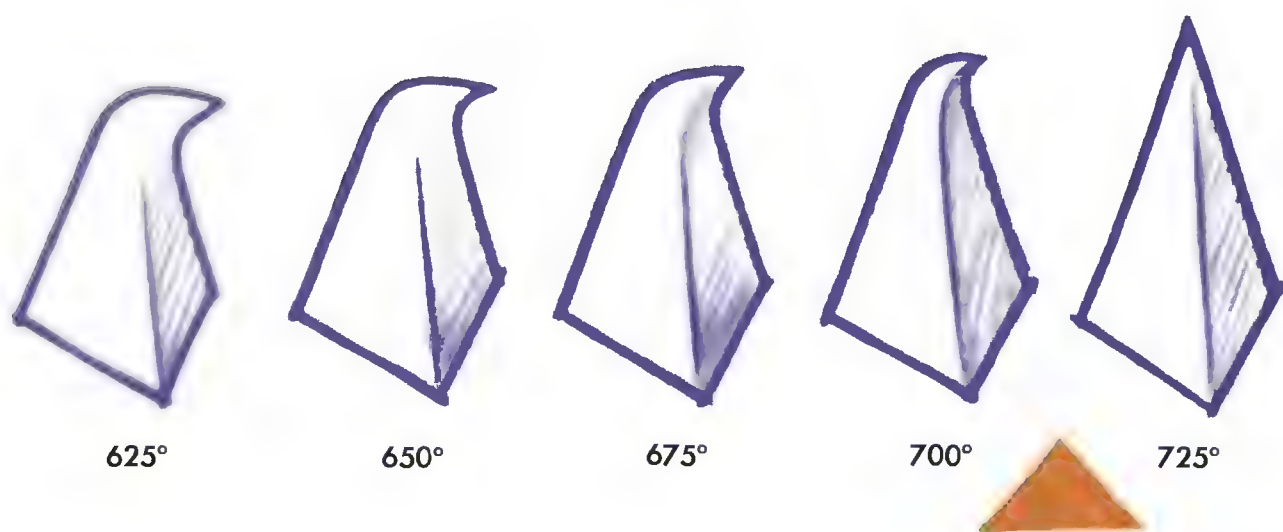
## PIROMETROS

Los pirómetros, como quedó indicado, son termómetros destinados a medir temperaturas muy altas, sin garantizar una fidelidad absoluta en sus medidas. Son pirómetros que actúan por fenómenos de dilatación, no eléctricos.

Cuando se trata de medir temperaturas con amplio margen de tolerancia se emplean las llamadas pirámides de Seger, que de forma muy curiosa son capaces de indicar con relativa aproximación las altas temperaturas que pueden alcanzar ciertos ambientes (un horno, por ejemplo). Se trata de unas pirámides triangulares, cuya altura no acostumbra superar los 5 cm, construidas con varias sustancias en distintas proporciones. Cada una de estas sustancias tiene un coeficiente de dilatación diferente. Para una misma temperatura y una sola pirámide, las distintas sustancias de que está formada se dilatarán de forma irregular, puesto que su posibilidad de dilatación, como hemos dicho, es distinta. Ello motiva que la cúspide de la pirámide se deforme, doblándose sobre su eje tanto más cuanto más elevada sea la temperatura. Con una serie de estas pirámides —estudiada de forma que cada una de ellas presente una oposición creciente a la dilatación y por lo tanto a la deformación— es posible conseguir un pirómetro para el cálculo de temperatura aproximadas. Supongamos una

serie formada por cinco pirámides de Seger, que comprenda desde una pirámide cuya deformación se producirá a los 625° hasta una pirámide cuya deformación empiece a los 725°. Entre estas dos pirámides (que indicarán las temperaturas extremas) se intercalan tres más, cuya deformación empiece a los 650°, 675° y 700° respectivamente. Es evidente que para una temperatura inferior a los 625° ninguna de las pirámides sufrirá una deformación, como también es evidente que si la temperatura sube hasta los 650° quedarán deformadas la primera y la segunda de esta serie de pirámides. Si la temperatura llega a los 700° serán cuatro las pirámides deformadas, etc. Por este simple razonamiento lógico, podemos afirmar que la temperatura de un ambiente estará comprendida entre la temperatura de deformación de la primera pirámide deformada y la primera pirámide intacta. Estas pirámides, que se expenden en el comercio en series capaces de apreciar temperaturas desde 600° hasta 1.800°, llevan marcada su temperatura de deformación.

Para medir temperaturas con más precisión se utilizan pirómetros de mucha mayor perfección técnica, entre los cuales deben contarse los eléctricos y los termoelectricos. Estudiaremos oportunamente estos instrumentos cuando tratemos de los fenómenos en que se fundan.



Representación de una serie de pirámides de Seger indicando una temperatura comprendida entre los 700° y 725°. En estos pirómetros, la medida es siempre aproximada; y en el caso presente la temperatura estaría comprendida entre los 700° y 725°, siempre entre la última pirámide deformada y la primera sin deformar.

## CANTIDAD DE CALOR

El calor es la causa de la temperatura de los cuerpos, temperatura que somos capaces de medir con envidiable precisión gracias a los instrumentos que acabamos de estudiar y a los que estudiaremos en momento más oportuno. Observe que no medimos el calor en sí, sino el efecto del calor. Entonces, cabe preguntarse: ¿qué es el calor?

Lo único cierto es que el calor es un agente físico, una manifestación de la energía causa de las sensaciones térmicas que experimentamos en nuestro propio cuerpo o en los ambientes cuya temperatura queremos medir. Los efectos del calor son muy varios; y siendo una forma de la energía puede convertirse en otras. Que el calor puede convertirse en movimiento, es algo que todo el mundo sabe (locomotoras a vapor): y que puede convertirse en electricidad lo veremos inmediatamente. Este agente físico al que llamamos calor se traduce en nuevos efectos que podemos medir determinando cantidades. A una mayor cantidad de calor corresponde un efecto de mayor cuantía.

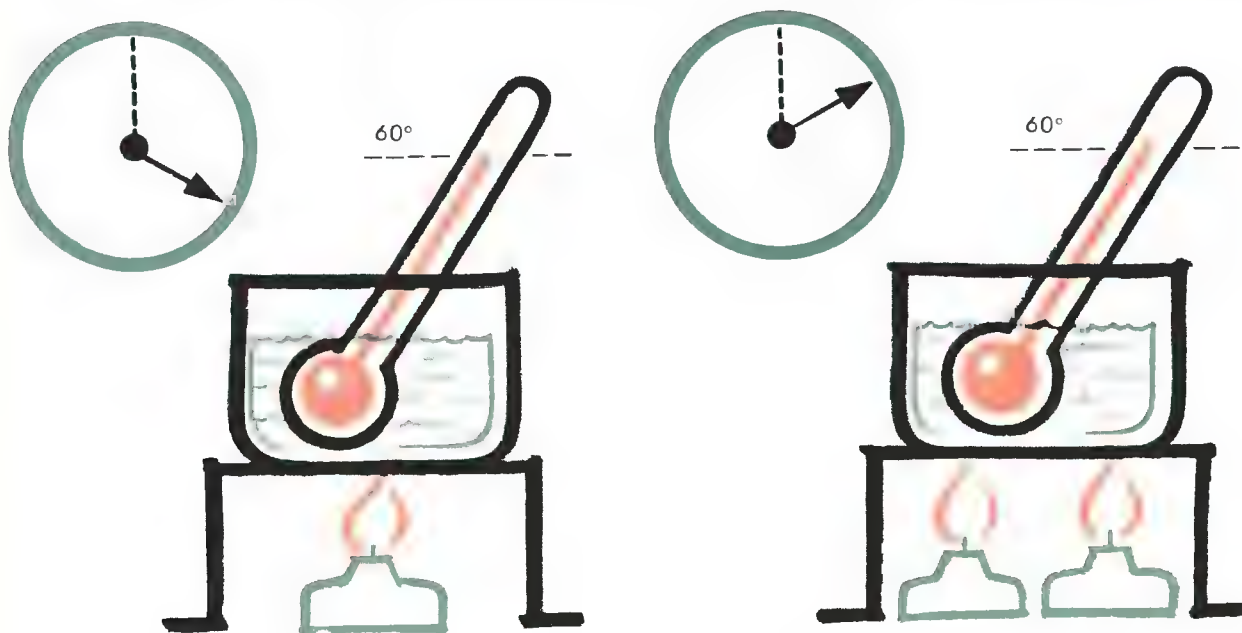
En verano nos quejamos del excesivo calor, porque la temperatura de nuestro cuerpo y del ambiente que nos rodea ha aumentado por encima de lo que es normal y agradable a nuestros sentidos, a nuestro organismo. En invierno ocu-

rre lo contrario: el ambiente en que nos movemos, debido al poco calor que recibe, tiene una temperatura que, apreciada por nuestros sentidos, nos produce la sensación del frío. El frío y el calor, la mayor o menor temperatura de un cuerpo es un problema de absorción o desprendimiento de energía calorífica. Pero ahora nos interesa considerar que si los efectos del calor, y concretamente la temperatura, aumentan o disminuyen, también el calor será una fuerza, una manifestación de la energía que podremos medir. El calor es una magnitud y por lo tanto algo de lo que podemos considerar cantidades.

Hablemos, pues, del concepto de cantidad de calor.

Situemos un termómetro en el interior de una vasija con agua y expongamos el conjunto a la acción de un mechero.

Al cabo de un cierto tiempo, el termómetro acusará una elevación de temperatura. Si repetimos el experimento actuando con dos mecheros iguales, en vez de hacerlo con uno sólo, alcanzaremos la misma temperatura en la mitad de tiempo. Con dos manantiales de calor, hemos obtenido una misma temperatura en el tiempo mitad, lo cual nos indica que el calor desprendido por dos mecheros es también el doble del calor desprendido por sólo uno de ellos. Otra con-



Una misma temperatura puede alcanzarse con distintos manantiales de calor. La diferencia estará en el tiempo invertido para que el termómetro señale la temperatura deseada. Para que una cierta cantidad de agua alcance los 60°, invertiremos la mitad de tiempo si actuamos por un manantial de calor con doble capacidad calorífica.



clusión que sacamos de este sencillísimo experimento es que por medio de un termómetro podemos apreciar la cantidad de calor cedida por un manantial calorífico. Estamos en el camino que nos llevará a una norma para medir el calor.

Hasta aquí hemos considerado una misma temperatura. Como comprenderá, cuanto mayor sea la cantidad de calor desprendida por un foco, menor será el tiempo que tardaremos en obtenerla, lo cual no quiere decir que restringiendo el valor del foco calorífico no podamos alcanzar la temperatura pretendida; sólo es cuestión de tiempo.

Quizás sea conveniente establecer un paralelismo entre el concepto de cantidad de calor y el concepto de trabajo. Ambas cosas son independientes del factor tiempo, puesto que ni la cantidad de calor ni la cantidad de trabajo dependen del tiempo empleado para efectuar un trabajo o para obtener una determinada temperatura.

El trabajo está dado por un peso y una distancia, y el mismo trabajo representa elevar 10 Kg a un metro de altura que elevar 1 Kg a 10 metros de altura, aunque en el segundo caso (es una suposición) se emplee más tiempo.

Una cosa parecida sucede con el calor: puesto que la cantidad de calor viene dada por la elevación de la temperatura de un cuerpo, podemos afirmar que para elevar en un grado la temperatura de 1 Kg de una cierta sustancia, requiriremos el mismo calor que para elevar un solo gramo de la misma sustancia a 1.000° de temperatura.

## PROPAGACION DEL CALOR

Que el calor se propaga es algo tan experimentado, tan sabido, que resulta inútil entretenerse en proponer otras experiencias para comprobarlo.

Todo aquello que está situado dentro de la zona de influencia de un foco calorífico absorbe el calor aumentando su temperatura, temperatura que no aumentará por igual en todos los cuerpos sometidos a la influencia de este foco calorífico hipotético que consideramos. Así, por ejem-

Después de estas consideraciones podemos enunciar cuál es la unidad de cantidad de calor. Esta unidad es LA CALORÍA, cuya definición es la siguiente:

LLAMAMOS CALORÍA A LA CANTIDAD DE CALOR NECESARIA PARA AUMENTAR UN GRADO MÁS LA TEMPERATURA DE UN GRAMO DE AGUA, QUE INICIALMENTE ES DE 14'5° C.

Si bien es ésta la definición teórica de una caloría, en la práctica podemos prescindir de la temperatura inicial que hemos supuesto en el agua, para decir simplemente que UNA CALORÍA ES LA CANTIDAD DE CALOR QUE NECESITAMOS PARA ELEVAR EN UN GRADO LA TEMPERATURA DE UN GRAMO DE AGUA.

Así, cuando 25 gramos de agua hayan pasado de una temperatura de 16° a la temperatura de 17°, podemos afirmar que esta cantidad de agua ha absorbido 25 calorías.

Y para aclarar este concepto veamos un par de ejemplos.

I. ¿Qué cantidad de calor se necesita para aumentar la temperatura de 1 l de agua de 20° a 60°?

$$1 \text{ litro de agua} = 1 \text{ Kg} = 1000 \text{ gr}$$

$$\text{Aumento de temperatura} = 60 - 20 = 40^\circ$$

$$\text{Cantidad de calor} = 1000 \times 40 = 40000 \text{ cal.}$$

II. Un manantial de calor puede proporcionar 1000 calorías. ¿Qué temperatura pueden alcanzar 200 gr de agua que están a 20°?

$$1000 \text{ cal} = 200 \text{ gr} \times \text{aumento de temperatura}$$

Luego:

$$\text{Aumento de temperatura} = \frac{1000 \text{ cal}}{200 \text{ gr}} = 5^\circ$$

$$\text{Temperatura final} = 20^\circ + 5^\circ = 25^\circ$$

plo, las sustancias metálicas se calentarán antes que los objetos de madera; y dentro de un conjunto de objetos metálicos, algunos se calentarán con más rapidez que otros, o sea, aumentará su temperatura absorbiendo calor con más velocidad.

El calor, cierto, se propaga. Resulta muy interesante conocer las tres formas en que puede propagarse el calor. Estas formas son: conducción, convección y radiación.

## Propagación por conducción

Decimos que el calor se ha propagado por conducción cuando el fenómeno se da a través de un medio sin que exista transporte de materia.

Cuando una sartén totalmente metálica lleva cierto tiempo en contacto con el fuego, resulta expuesto tomarla por su mango sin protegerse la mano con un paño. Todos sabemos que el calor habrá llegado al extremo del mango propagándose a través de la materia. Sólo podemos explicar tal certeza con otra certeza: de la misma manera que existen sustancias que conducen la electricidad, existen sustancias que conducen el calor. Se da la circunstancia de que todos los cuerpos que son buenos conductores de la electricidad, son también buenos conductores del calor.

Hagamos un sencillo experimento:

Tome un mechero y dos varillas; una de hierro y otra de cobre. Ambas varillas llevarán, pegados con cera y a distancias regulares, una serie de perdigones. Aplique la llama del mechero a un extremo de las dos varillas y observará cómo los perdigones adheridos al cobre, uno tras otro, se desprenden antes que los perdigones pegados al hierro. La explicación sólo puede ser una:

Puesto que cada perdigón se desprende cuando se ha fundido la cera que lo mantiene pegado al metal, y puesto que la cera funde cuando le llega el calor desprendido por el mechero, es evidente que el calor se ha propagado más rápidamente a través del cobre que a través del hierro. El cobre es mejor conductor del calor... como también lo es de la electricidad.

El mejor conductor del calor es la plata. A partir de su conductividad, que consideramos la unidad, podemos considerar una escala de valores relativos para designar el grado de conducción del calor que alcanzan otras sustancias.

Si decimos que el valor de conducción del calor es igual a 100, en la plata, tendremos:

**TABLA DE CONDUCTIVIDAD RELATIVA**

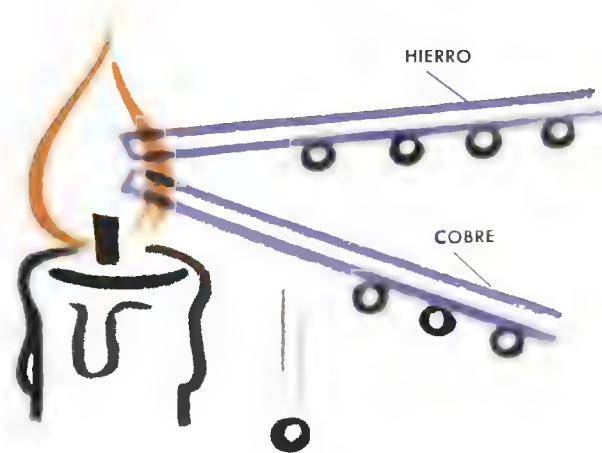
Plata	100	Hierro	12	Vidrio	0'18
Cobre	74	Plomo	8	Ladrillo	0'15
Latón	27	Mármol	0'8	Madera	0'03

El agua conduce el calor 700 veces menos que la plata; el aire unas 20.000 veces menos.

Hemos insinuado que el calor y el frío son fenómenos o sensaciones motivadas por la absor-



De la misma manera que existen sustancias que conducen la electricidad, existen sustancias que conducen el calor con mayor o menor facilidad. El calor alcanzará nuestra mano a través de la varilla metálica que pongamos en contacto con el fuego.



El cobre es mejor conductor que el hierro. Los perdigones pegados con cera se desprenden primero en el cobre que en el hierro. El calor les llega antes.

ción del calor. Digámoslo de otra forma, puesto que conocemos la propiedad conductora de ciertos cuerpos.

La sensación del frío viene dada por una rápida absorción de calor. Así, los metales siempre están más fríos que la madera. ¿Por qué...? Pues porque al tocar un metal el calor desprendido por nuestro cuerpo se traslada rápidamente a través de él. En cambio la madera, que es un mal conductor del calor, absorbe con lentitud el que le llega de nuestro cuerpo.

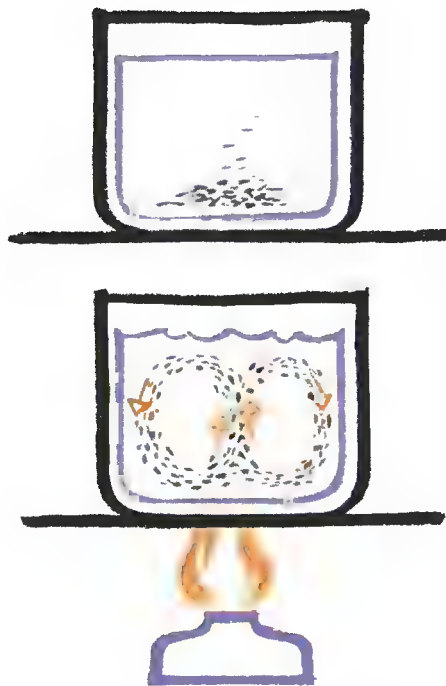
Una prenda de abrigo (de lana, por ejemplo) no es un productor de calor, sino un mal conductor que evita que el calor de nuestro cuerpo se propague por conducción a la atmósfera. Observe cómo todas las sustancias antitérmicas son sumamente porosas.

## Propagación por convección

Decimos que el calor se ha propagado por convección cuando tal fenómeno se da por el movimiento de partículas de materia.

Este fenómeno reviste gran importancia, siendo característico de los medios líquidos.

Supongamos una vasija con agua, expuesta a la acción de un foco calorífico. Es indiscutible que las primeras moléculas afectadas por el calor serán las que están en contacto con el fondo de la vasija, que a su vez está directamente afectado por el fuego u otro productor de calor. Por conducción el calor llega a la película inferior del líquido a través de la pared del recipiente. Estas partículas calientes ascienden a través de la masa líquida y son reemplazadas por nuevas moléculas frías que seguirán el mismo proceso. Mediante este mecanismo se inicia una circulación de partículas que asciende por el centro de la masa líquida y desciende por los lados. Son las llamadas *corrientes de convección*. La verdad de estas corrientes podemos comprobarla muy fácilmente. Basta con echar un poco de serrín en el agua, para que las partículas de madera dibujen la trayectoria de las corrientes.



Para comprobar la forma de las corrientes de convección echaremos un poco de serrín en una vasija con agua y la someteremos a la acción del fuego. Observaremos la formación de unas trayectorias de forma oval que corresponden a las corrientes de convección.

## Propagación por radiación

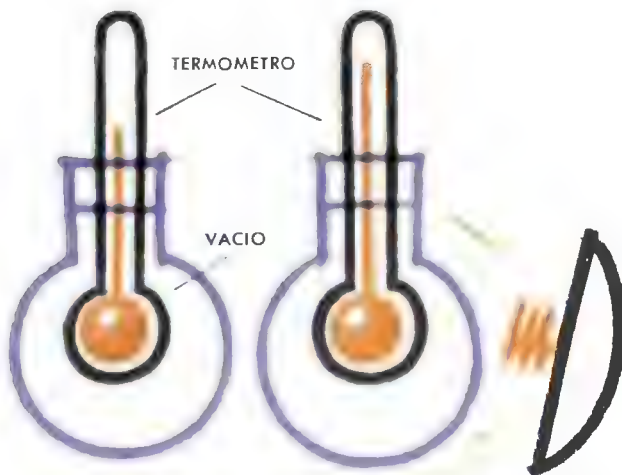
Es la propagación del calor sin intervención de la materia que separa el centro emisor del centro receptor.

Por este sistema nos llega el calor del Sol, que se propaga a través del vacío (donde no hay nada que pueda identificarse con la materia), o el calor de la estufa, que nos llega directamente y *no a través del aire*, como puede creerse.

Comprobemos esta afirmación con un simple experimento de laboratorio:

Supongamos un matraz herméticamente cerrado en el que se ha introducido un termómetro. En este matraz se ha practicado el vacío; en su interior no ha quedado aire. Dispongamos un foco calorífico que pueda entrar en acción de una manera instantánea: observaremos que *en el mismo instante* en que el calor emana del foco, el termómetro señala un aumento de temperatura. Luego, el calor se ha propagado a través del vacío, y además, y por observación directa, de forma instantánea.

EL CALOR ES UNA ENERGÍA RADIANTE (QUE SE MANIFIESTA POR RAYOS CALORÍFICOS) QUE SE PROPAGA A LA MISMA VELOCIDAD QUE LA LUZ, O SEA A 300.000 KM/SEG.



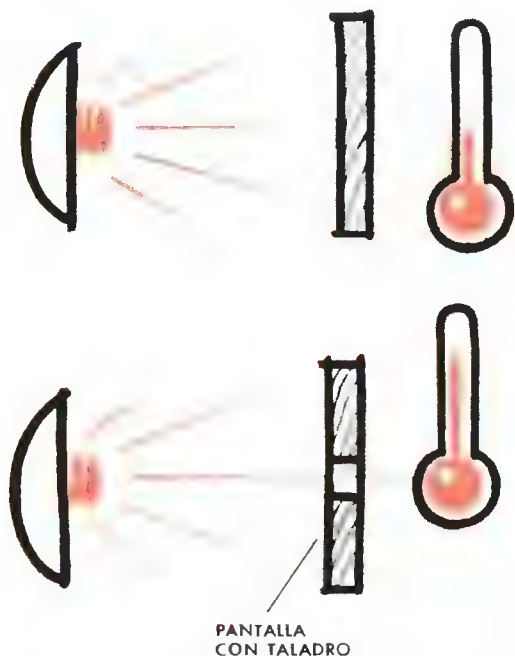
Comprobación de que el calor también se transmite a través del espacio vacío.



El calor, como energía radiante, tiene sus particularidades:

Ya hemos dado su velocidad de propagación: 300.000 Km por segundo.

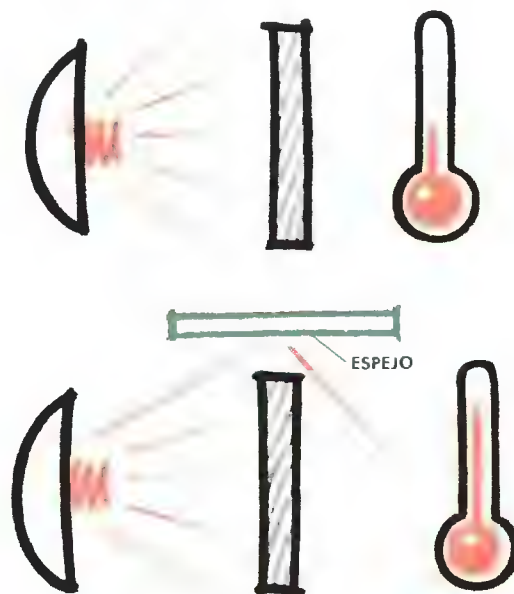
Digamos, además, que el calor radiante se propaga en línea recta, característica fácilmente demostrable con un termómetro y una pantalla que lleve un pequeño taladro central.



Una pantalla colocada entre un foco de calor y un termómetro interrumpe la propagación de los rayos caloríficos. Si taladramos la pantalla y encaramos el agujero al depósito del termómetro se aprecia un aumento inmediato de la temperatura.

Otra particularidad de gran trascendencia práctica: el calor se refleja cuando sus radiaciones inciden en la superficie de los cuerpos. De la misma manera que la luz se refleja en un espejo, también el calor. Gracias a este fenómeno un rayo de calor puede variar de dirección.

Así se explica por qué las estufas llevan una pantalla reflectora: se aprovecha el calor de la parte trasera del generador de calor.



Como antes, la pantalla interrumpe la propagación del calor. Si por encima de la pantalla situamos un espejo, el termómetro acusará un aumento de temperatura. El calor ha llegado al instrumento gracias al fenómeno de la reflexión.

## COMPORTAMIENTO DE LOS CUERPOS ANTE EL CALOR

Generalmente sucede que el calor radiante procede de un cuerpo luminoso. Los rayos caloríficos se comportan como un rayo de luz, produciendo sensaciones luminosas en la retina de nuestros ojos y sensaciones térmicas sobre la piel. Tanto es así que los cuerpos transparentes a la luz lo son también al calor luminoso.

Todos los cuerpos tienen *poder emisor*, puesto que desprenden calor radiante, cuya cuantía depende de la superficie, naturaleza, estado y temperatura de la sustancia que los forma.

El poder contrario al emisor es el *poder absorbente*, gracias al cual todo cuerpo expuesto al calor radiante absorbe parte de tales radiaciones. El calor no absorbido se elimina, en parte

por reflexión y en parte siguiendo su trayectoria a través del cuerpo.

En relación al grado de poder absorbente, los cuerpos se dividen en *negros* y *blancos*.

Esta denominación que nos habla de colores





(tradicionalmente se habla de color blanco y color negro, aunque científicamente no hay unanimidad de criterio sobre si ambos extremos pueden considerarse colores), esta denominación, decíamos, no es gratuita, sino que obedece a hechos comprobados:

Los cuerpos oscuros tienen mayor poder absorbente que los cuerpos claros. Por analogía, la ciencia del calor habla de cuerpos negros cuando se refiere a aquellos que absorben la totalidad de radiaciones recibidas.

También se ha demostrado que los cuerpos de escaso poder absorbente tienen escaso poder emisor; demostración de inmediatas consecuencias prácticas, puesto que si los cuerpos con mucho poder absorbente son los de mayor poder emisor, resultará conveniente que los objetos destinados a desprender calor sean oscuros y rugosos. Es el caso de los radiadores de calefacción.

En cambio, los cuerpos y vasijas destinados a *guardar calor* convendrá que sean pulidos y estén fabricados con superficies claras.

Esta es la razón de que en verano imperen las vestiduras blancas o de colores claros, propias también de zonas tropicales.

## CALORIFUGOS

Llamamos calorífugos a los cuerpos que, por su poco poder conductivo, son aislantes térmicos. Son sustancias que al recubrir un espacio lo aíslan del calor ambiente, puesto que la cantidad de calor que los atraviesa por conductividad es mínima. Tal es el caso de la fibra de vidrio, usada como aislante térmico en la industria de la construcción.

## CALOR ESPECÍFICO

Al definir la caloría hemos sentido un convencionalismo: cuando la temperatura de un gramo de agua sube un grado, el calor absorbido es de una caloría. El agua, como sustancia básica en la vida del hombre, ha prestado un servicio excepcional a la Física: ser el módulo para el establecimiento de unidades. Así, en el caso de la medida del calor, al tratar de obtener una unidad constante, se ha tomado el agua como sustancia experimental. Porque es evidente que una misma cantidad de calor producirá temperaturas distintas según las sustancias que afecte. No es lo mismo calentar agua que plata, por ejemplo. La temperatura de la plata aumenta mucho más que la temperatura del agua. Es decir: para un mismo peso



El termómetro sumergido en el depósito de paredes oscuras indicará mayor absorción de calor que el termómetro situado en el depósito de paredes blancas o transparentes.

El mejor aislamiento térmico es una doble pared de vidrio que envuelve el espacio a aislar, entre las cuales se ha practicado un elevado vacío. Las transmisiones por conducción y por convección son nulas. La radiación puede disminuirse recubriendo el exterior con una capa metálica plateada.

de agua y de plata, y considerando que calentamos ambas sustancias con mecheros de igual poder calorífico, el aumento de la temperatura será mucho más rápido en la plata que en el agua. Observe: la plata, para aumentar su temperatura, necesita menos cantidad de calor.

Cada sustancia, como el agua, necesita de una cierta cantidad de calor para que un gramo de ella aumente su temperatura en un grado. En el caso del agua decimos que tal cantidad de calor es la caloría (unidad); para las demás sustancias, decimos que es su calor específico.

SE LLAMA CALOR ESPECÍFICO DE UNA SUSTANCIA A LA CANTIDAD DE CALOR QUE SE NECESITA PARA QUE UN GRAMO DE DICHA SUSTANCIA AUMENTE UN GRADO SU TEMPERATURA.

Se comprende que el calor específico del agua sea 1, puesto que una caloría es el calor que debe absorber un gramo de agua para que su temperatura aumente en un grado.

Conocer el calor específico de los materiales

es necesario en muchas ocasiones en que deben aprovecharse los efectos caloríficos de la electricidad. Por ello damos esta tabla con el calor específico de una serie de elementos y materiales que pueden relacionarse más o menos directamente con la electricidad.

## TABLA DE CALORES ESPECIFICOS

Agua ... ..	1	Lana ... ..	0'393
Aceite para transformadores ... ..	0'44	Mercurio ... ..	0'033
Acero ... ..	0'118	Mica ... ..	0'208
Aire ... ..	0'237	Níquel ... ..	0'108
Algodón ... ..	0'362	Oro ... ..	0'032
Aluminio ... ..	0'236	Parafina ... ..	0'589
Amianto ... ..	0'195	Petróleo ... ..	0'500
Bronce ... ..	0'104	Plata ... ..	0'057
Cobre ... ..	0'094	Platino ... ..	0'032
Corcho ... ..	0'485	Plomo ... ..	0'031
Ebonita ... ..	0'340	Vidrio ... ..	0'180
Hielo ... ..	0'463	Wolframio (Tungsteno) ... ..	0'056

## EJEMPLOS

Con un par de ejemplos conseguiremos afianzar en nosotros el concepto de calor específico.

1. — ¿Qué cantidad de calor se necesita para aumentar en 20° la temperatura de 10 Kg de cobre?

Razonemos:

Conocemos el calor específico del cobre, que es 0'094. Esto quiere decir que para aumentar la temperatura de un gramo de cobre en un grado serán necesarias 0'094 calorías. Luego, para aumentar en 20° un gramo de cobre precisaremos de una cantidad de calor que será:

$$Q = 20 \times 0'094 = 1'88 \text{ cal.}$$

Pero la cantidad de cobre no es de un gramo, sino de 10 Kg, que expresados en gramos serán 10.000 gr de cobre.

Por lo tanto, para que estos 10.000 gr de cobre aumenten su temperatura en 20°, requeriremos una cantidad de calor 10.000 veces superior al necesari

rio para aumentar en 20° la temperatura de un gramo. Es decir:

$$Q = 1'88 \times 10.000 = 18.800 \text{ cal.}$$

2. — Un depósito contiene 10 m³ de agua que, por la tarde, están a la temperatura de 25°. Por la noche la temperatura del agua desciende hasta 15°. ¿Cuánto calor ha perdido el agua?

Diez metros cúbicos de agua representan un peso de 10.000 Kg (1 dm³ de agua = 1 Kg.), o sea 10.000.000 gramos.

Por otra parte, sabemos que la pérdida de calor será de 25—15 = 10°.

Siendo 1 el calor específico del agua, cada gramo de agua habrá experimentado una pérdida de 10 x 1 = 10 calorías.

Y como que en el depósito tenemos 10.000.000 de gramos, la pérdida total de calor será de 10.000.000 x 10 = 100.000.000 cal = 100.000 Kilocalorías = 100 termias.

## EQUIVALENCIA ENTRE TRABAJO Y CALOR - LEY DE JOULE

Hemos llegado a la parte esencial de nuestro tema: debemos relacionar dos conceptos de la Física que aparecen simultáneamente en todos aquellos fenómenos donde uno de ellos toma parte ac-

tiva. Calor y trabajo son estos dos conceptos. Donde hay trabajo, allí se produce calor; donde existe un foco calorífico, allí hay una fuente de trabajo.

Esta reciprocidad es fácilmente demostrable.

Basta con frotarse las manos para que nuestros músculos acusen una fatiga y nuestras manos un calentamiento.

Todo motor eléctrico se calienta al rato de funcionar. Parte de la corriente que absorbe se pierde en calor y sólo el resto se transforma en energía mecánica.

Calentando el agua de una caldera, obtenemos vapor capaz de accionar el émbolo de una locomotora. El calor ha producido un trabajo..., etc., etc.

En definitiva: entre el calor y el trabajo hay una innegable relación. ¿Cuál?

No ha sido fácil obtener la expresión matemática de esta relación, que después de múltiples experiencias se ha demostrado que es un valor constante. Esta constante matemática que valora la relación Calor/Trabajo se expresa así:

$$J = 0'427$$

Es decir: UNA CALORÍA EQUIVALE A 0'427 KILOGRÁMETROS DE TRABAJO MECÁNICO, O SEA, AL TRABAJO MECÁNICO PARA TRASLADAR 0'427 KG A LO LARGO DE UN METRO.

La constante 0'427 recibe el nombre de EQUIVALENTE MECÁNICO DEL CALOR y es el valor más probable. Por lo menos, es el más comprobado experimentalmente.

Bien; ésta es la relación entre calor y trabajo, con lo cual, conociendo las calorías que produce una resistencia eléctrica, conoceremos la cantidad de trabajo mecánico que es capaz de proporcionar.

Pero ¿cómo conocer la cantidad de calor que puede dar una resistencia?

**EJEMPLO I.** — Por una resistencia conectada a 220 V circula una corriente de 4 A. ¿Qué cantidad de calor producirá durante una hora?

Como que 1 hora = 3.600 seg., aplicaremos la fórmula de Joule de esta forma:

$$Q = 0'24 \times 220 \times 4 \times 3.600 = 760.320 \text{ calorías}$$

Observe que para aplicar la fórmula de Joule no necesitamos el valor de la resistencia; nos basta V e I. Sin embargo, sabemos por Ohm que:

$$V = R \times I$$

$$I = \frac{V}{R}$$

Lo cual permite modificar la fórmula inicial sustituyendo los valores V e I por su expresión en función de R.

Es evidente que si la electricidad lleva implícita una producción de calor, entre ambas manifestaciones energéticas debe existir una relación matemática; debe de haber una fórmula que dé la producción de calor atribuible a una corriente eléctrica cuya intensidad y voltaje nos son conocidas.

Fue James Prescott Joule, físico inglés, nacido en Salford (Manchester), quien con admirable dedicación estudió los efectos caloríficos de las corrientes eléctricas, llegando a la formulación de una ley universalmente conocida y aceptada. Es la ley de Joule, que junto a las de Ohm y Kirchhoff forma la gran trilogía de las leyes fundamentales de la electrotecnia. Esta ley dice así:

LA CANTIDAD DE CALOR PRODUCIDA POR UNA RESISTENCIA ELÉCTRICA ES IGUAL AL PRODUCTO DE LA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE LOS BORNES, POR LA INTENSIDAD QUE POR ELLA CIRCULA, POR UNA CONSTANTE CUYO VALOR ES 0'239 Y POR EL TIEMPO EN SEGUNDOS DURANTE EL CUAL CIRCULA LA CORRIENTE.

La expresión matemática de esta ley es:

$$Q = 0'239 \times V \times I \times t$$

La observación básica en que se fundamenta esta ley fue hecha por Joule al comprobar experimentalmente que una corriente de 1 A, al pasar a través de una resistencia de 1  $\Omega$  (con lo cual la d.d.p. debe ser de 1 V), desarrolla 0'239 calorías por segundo.

En la práctica, la constante 0'239 se toma por exceso y se hace igual a 0'24.

Veamos algún caso concreto de aplicación de esta ley.

$$Q = 0'24 \times R \times I \times I \times t$$

Siendo  $R \times I \times I = R \times I^2$ , será:

$$Q = 0'24 \times R \times I^2 \times t$$

Sustituyendo I por su equivalente  $\frac{V}{R}$ , tendremos:

$$Q = 0'24 \times \frac{V^2}{R} \times t$$

La primera fórmula da el calor en función de la resistencia y de la intensidad. La segunda obtiene el calor en función del voltaje y de la resistencia.

De la primera fórmula,  $Q = 0'24 \times V \times I \times t$ , deducimos:

$$I = \frac{Q}{0'24 \times V \times t}$$

$$t = \frac{Q}{0'24 \times V \times I}$$

$$V = \frac{Q}{0'24 \times I \times t}$$

De todo foco calorífico se pretende obtener un rendimiento. Sin embargo, este rendimiento no es total; no se aprovecha la totalidad del calor producido porque parte de él se pierde en calentar el soporte del mismo productor de calor, o la masa del recipiente u otros cuerpos que puedan relacionarse con el objeto cuya temperatura debe elevarse.

Para calentar agua, por ejemplo, se requiere una vasija que la contenga; digamos una olla. Si debe calentar el agua hasta una temperatura que requiere una cantidad de calor de 20.000 calorías, en realidad deberá disponerse de más calor para compensar el que absorberá la olla. Las 20.000 calorías representan el calor teórico necesario, calculado para calentar el agua; este valor, más el incremento que representa el calor absorbido por la olla, será el calor real necesario para conseguir nuestros fines.

El rendimiento viene dado por la relación entre el valor teórico y el valor real.

Esta relación se representa por la letra  $\eta$  (la nu del alfabeto griego) y es:

$$\text{Rendimiento} = \eta = \frac{\text{calor teórico}}{\text{calor real}}$$

El valor de  $\eta$ , en la práctica, oscila entre 0'75 y 0'85.

**EJEMPLO II.** — Debemos proyectar una olla eléctrica capaz de calentar 1'5 litros de agua (de 20° a 80°) en cinco minutos. Esta olla deberá conectarse a 125 V. ¿Qué intensidad de corriente necesitamos y cuál deberá ser el valor de la resistencia calefactora? El rendimiento de la olla es 0'85.

Empecemos por calcular el valor teórico:

$$1'5 \text{ litros de agua} = 1'5 \text{ Kg} = 1.500 \text{ gr}$$

El aumento de la temperatura será:

$$80 - 20 = 60^\circ \text{ de aumento.}$$

El calor necesario para conseguirlo, puesto que el específico del agua es 1, será:

$$Q = 1.500 \times 60 = 90.000 \text{ cal.}$$

Este es el calor teórico; y puesto que el rendimiento es 0'85, el calor práctico o real será:

$$Q_{\text{real}} = \frac{90000}{0'85} = 105.880 \text{ cal.}$$

Cálculo de la intensidad:

$$\text{Utilizaremos la fórmula } I = \frac{0'24 \times V \times t}{Q}, \text{ re-}$$

cordando que  $t$  debe darse en segundos. 5 minutos = 300 seg.

$$I = \frac{Q}{0'24 \times V \times t} = \frac{105.880}{0'24 \times 125 \times 300} = 11'76 \text{ A}$$

Conociendo la intensidad, el cálculo de la resistencia es inmediato:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{125}{11'76} = 10'6 \Omega$$

**EJEMPLO III.** — ¿Cuánto tiempo necesitamos para calentar 1 Kg de cobre de 20° a 30° con una resistencia de 8Ω a 220 V?

a) Cantidad de calor necesario:

Calor específico del cobre: 0,094

$$1 \text{ Kg} = 1.000 \text{ gramos}$$

$$\text{Aumento de la temperatura: } 30 - 20 = 10^\circ$$

$$Q = 1000 \times 10 \times 0,094 = 940 \text{ cal.}$$



b) Tiempo necesario (fórmula 2):

$$t = \frac{Q}{0'24 \times V \times I} \quad I = \frac{V}{R} = \frac{220}{8} = 27,5 \text{ A}$$

$$t = \frac{940}{0'24 \times 220 \times 27'5} = 0,64 \text{ seg.}$$

Suponiendo que se aprovecha *todo* el calor.

**EJEMPLO IV.** — ¿Qué cantidad de calor desarrolla una lámpara de 50 W a 125 V durante una hora?

$$1 \text{ hora} = 3.600 \text{ seg.}$$

$$W = V A$$

$$A = \frac{W}{V} = \frac{50}{125} = 0'4 \text{ A}$$

$$Q = 0'24 \times V \times I \times t = 0'24 \times 125 \times 0'4 \times 3.600 = 43.200 \text{ cal.}$$

Con este calor, ¿qué aumento de temperatura alcanzaría un litro de agua suponiendo un rendimiento del recipiente de 0'8?

$$\begin{aligned} \text{Calor útil} &= \eta \times \text{calor total} \\ \text{Calor útil} &= 0'8 \times 43.200 = 34.560 \text{ cal.} \\ 1 \text{ litro} &= 1.000 \text{ gramos} \\ T &= \frac{34.560}{1000} = 34'56^\circ \end{aligned}$$

Si suponemos que el agua estaba a 20° lograríamos una temperatura de 20 + 34'56 = 54'56°.

## ENERGIA ELECTRICA Y CALOR

Cuando al concepto del trabajo unimos el factor tiempo, llegamos a la noción de potencia: trabajo realizado en la unidad de tiempo.

Siendo la potencia una consecuencia del trabajo y siendo el trabajo una causa del calor, es inmediata la conclusión que nos lleve a relacionar potencia y calor, de igual modo que como relacionábamos calor y trabajo.

Sabemos que la unidad de potencia es el vatio, siendo la unidad de energía el vatio hora (1 Wh) con su múltiplo el kilowatio hora (1 KWh = 1000 Wh).

Si observa la fórmula de la ley de Joule  $Q = 0'24 \times V \times I \times t$ , se dará cuenta de que en ella figura la expresión  $V \times I$  que sabemos igual a la potencia en vatios. Ciertamente:  $W = V \times I$ .

Luego, podemos escribir la expresión de Joule substituyendo el valor de  $V \times I$ :

$$Q = 0'24 \times W \times t$$

En esta fórmula,  $W \times t$  es la expresión de la energía, que en el caso de ser 1 Wh (1 h = 3.600 segundos) nos dará este resultado:

$$Q = 0'24 \times 1 \times 3600 = 864 \text{ cal.}$$

Podemos afirmar que una resistencia de 1 W produce 864 calorías por hora.

$$1 \text{ Wh} = 864 \text{ cal.}$$

En consecuencia, el calor producido por 1 kilowatio hora será mil veces mayor.

$$1 \text{ KWh} = 864.000 \text{ cal.}$$

Una resistencia de 1.000 W (1 KW) conectada durante una hora produce 864.000 calorías.

## APLICACIONES DE LOS EFECTOS CALORIFICOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

Por poco que meditemos nos convenceremos de que la electricidad empezó a difundirse como fuente de energía ideal en cuanto se conocieron y controlaron sus efectos caloríficos; y ello no tanto por el aprovechamiento del calor en sí como por los efectos luminosos que este mismo calor lleva inherentes. Todo foco calorífico es también foco de luz, así como todo foco de luz es un productor de calor.

¿No es una lámpara de incandescencia una estufa de pésimo rendimiento?

El alumbrado eléctrico por arco y por incandescencia son aplicaciones de efectos caloríficos de una corriente eléctrica que estudiaremos cumplidamente.

Otras aplicaciones importantísimas de la electricidad relacionadas con la producción de calor son:

La soldadura eléctrica.

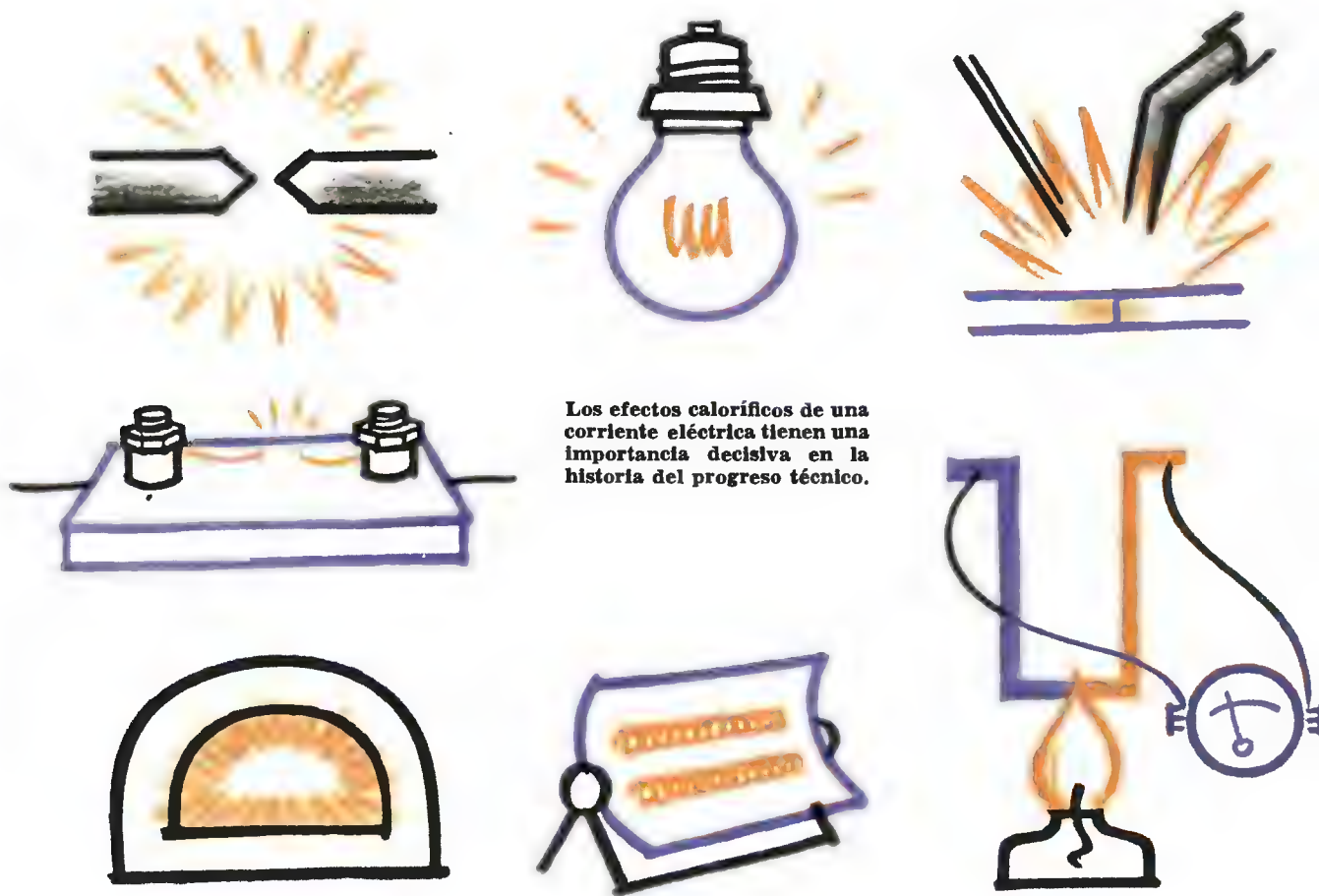
Hornos eléctricos y calefactores.

Cortacircuitos o fusibles.

Termoelectricidad.

La soldadura eléctrica, los hornos eléctricos y la calefacción eléctrica son tres especialidades que merecen un estudio detallado y que no es lógico acoplar a unas lecciones de electrotecnia general. Toda especialización requiere un estudio integral y particular que abordaremos en las lecciones de electrotecnia especializada de este tratado.

Es cierto que en esta lección hemos estudiado las bases fundamentales para el cálculo de todos los aparatos eléctricos destinados a producir calor (estufas, por ejemplo); pero las características técnicas y específicas de tales aparatos escapan al contenido de estas cinco primeras lecciones de electrotecnia, que terminaremos con un pequeño tratado de cálculo de fusibles y con unas ideas fundamentales sobre termoelectricidad.



## CALCULO DE FUSIBLES

Un fusible (recuerde el capítulo «Instalaciones» de la lección 2) es un aparato de protección que corta el paso de la corriente cuando adquiere valores demasiado elevados y peligrosos para la instalación.

El fusible propiamente dicho es un hilo o placa metálica que experimenta una elevación de temperatura capaz de fundirlo cuando por él pasa una corriente de valor determinado.

Calcular un fusible, en definitiva, consiste en decidir el diámetro de acuerdo con la intensidad prevista; o bien calcular la intensidad posible, cuando conocemos el diámetro del hilo fusible.

Estos cálculos se realizan partiendo de la fórmula de Joule, que da el calor en función de la resistencia e intensidad. Se toma en consideración el calor que el hilo perderá por radiación (tanto más cuanto mayor sea su superficie); y después de múltiples transformaciones de la primera fórmula de Joule, cuyo estudio es más propio del matemático que del técnico electricista, se llega a dos fórmulas muy sencillas:

$$I = a\sqrt{d^3}$$

$$d = b^3\sqrt{I^2}$$

En estas fórmulas es:

**I** = intensidad que debe fundir el hilo (en amperios).

**d** = diámetro del hilo dado en milímetros.

**a** y **b** son dos coeficientes que dependen del material empleado.

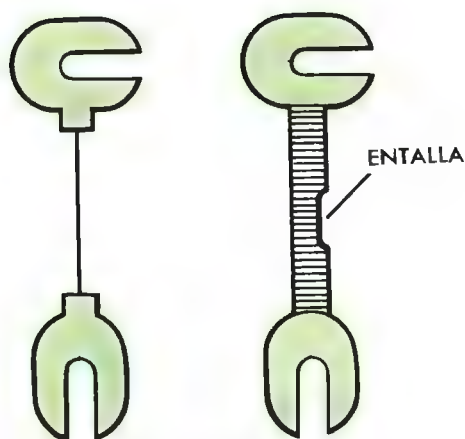
Un metal cuyo punto de fusión quede perfectamente determinado, y que una vez alcanzado produzca una fusión rápida, sin arco ni chisporroteo, es lo más recomendable para obtener un buen fusible.

Lo normal es emplear un hilo de aleación plomo estaño para corrientes débiles. Cobre, plata o sus aleaciones son buenos materiales para hilos fusibles en corrientes muy intensas.

Es recomendable emplear hilos delgados, que por tener menos masa se calientan con mayor uniformidad y rapidez.

LOS FUSIBLES SE CALCULAN GENERALMENTE PARA QUE FUNDAN A UNA INTENSIDAD DOBLE DE LA QUE ES NORMAL EN EL CIRCUITO.

Sólo nos falta conocer el valor de los coeficientes **a** y **b** para que podamos atrevernos a calcular un fusible.



PLACA FUSIBLE



PLOT



Ilustramos el comentario con un tipo de fusible muy empleado en la industria por la gran facilidad de recambio que proporciona. En la parte superior derecha puede ver un elemento fusible de placa. La entalla practicada en el punto medio del elemento fusible tiene por objeto facilitar su separación precisamente por este punto.

## COEFICIENTES a y b DE ALGUNOS METALES

Metal	a	b
Cobre ... ..	80	0'0538
Estaño ... ..	12'8	0'1827
Hierro ... ..	24'6	0'1182
Plomo ... ..	10'8	0'2046

Metal	a	b
Plomo-estaño (aleación) ... ..	10'3	0'2112
Plata ... ..	60	0'0652
Platino ... ..	40'4	0'0849

## DE CALCULO DE FUSIBLES

**EJEMPLO I.** — Un fusible de plomo de 2 mm de diámetro, ¿qué intensidad podrá soportar?

Aplicaremos la fórmula que nos da la intensidad en función de a y d.

$$I = a \sqrt{d^2} = 10'8 \sqrt{2^2} = 10'8 \times \sqrt{8} = 10'8 \times 2'8 = 30'24 \text{ A}$$

**EJEMPLO II.** — Calcular el diámetro de un fusible de plomo capaz de resistir una corriente de 8 A de intensidad máxima.

Evidentemente se trata de una aplicación de la segunda fórmula:

$$d = b \sqrt[3]{I^2} = 0'2046 \sqrt[3]{8^2} = 0'2046 \sqrt[3]{64} = 0'2046 \times 4 = 0'82 \text{ mm}$$

**EJEMPLO III.** — La instalación de una vivienda debe tener un consumo máximo de 5 A. ¿Qué sec-

ción daremos al fusible si es de hilo de estaño?

La intensidad de fusión será de 10 A; doble que la normal.

Por tanto, el diámetro será de:

$$d = b \sqrt[3]{10^2} = 0'1827 \sqrt[3]{100} = 0'1827 \times 4'65 = 0'85 \text{ mm}$$

**EJEMPLO IV.** — Un fusible de plata tiene 1 mm de diámetro. ¿Qué intensidad podrá soportar? ¿Cuál deberá ser la intensidad normal de circuito?

$$I = a \sqrt{d^2} = 60 \sqrt{1^2} = 60 \times 1 = 60 \text{ A}$$

Sabiendo que los fusibles se calculan para intensidades dobles a la normal, diremos que este fusible será útil para intensidades normales de

$$\frac{60}{2} = 30 \text{ A.}$$

## TERMoeLECTRICIDAD

Los fenómenos térmicos debidos a la corriente eléctrica tienen la particularidad de ser reversibles: si de la corriente podemos obtener calor, también del calor podemos obtener electricidad.

¿En qué condiciones se produce este trueque de calor en electricidad?

Cuando soldamos dos metales distintos y aplicamos un foco calorífico al punto de su soldadura, en los extremos de las dos piezas metálicas

aparece una diferencia de potencial capaz de provocar una corriente eléctrica en cuanto conectemos extremos metálicos con un conductor.

Al dispositivo así preparado se le llama **PAR TERMOELÉCTRICO**. La d.d.p. conseguida depende de la naturaleza de los metales y de la cantidad de calor aplicada a su unión.

Cuando retiramos la fuente de calor que ha activado un par termoelectrico, aparece en él una



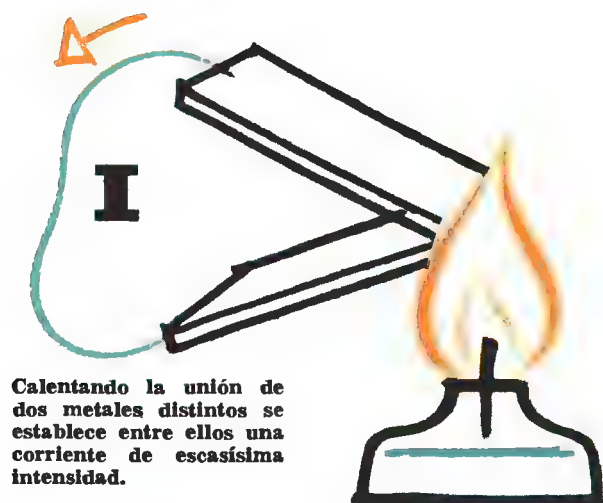
corriente de sentido contrario que perdura mientras la soldadura conserva el calor necesario.

Las f.e.m. que engendran estos elementos son de escásimo valor, no superior al orden de microvoltios (millonésimas de voltio), motivo que los hace prácticamente inútiles.

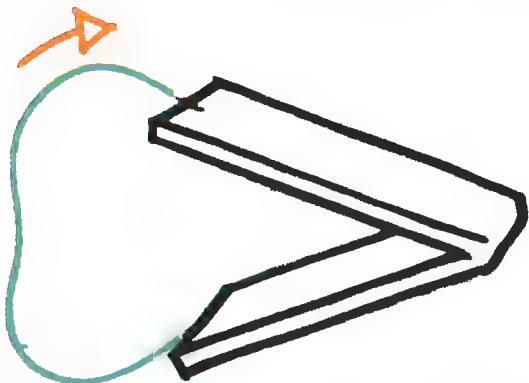
Sin embargo, el acoplamiento de varios pares permite la obtención de mayores voltajes, aunque tales ingenios siempre resultan de escaso rendimiento.

La unión de varios pares forma una pila termoeléctrica. La de Gülcher es la que mayormente se ha empleado a efectos prácticos.

Esta pila está formada por 66 pares termoeléctricos con elementos de níquel y una aleación de antimonio. Pero del escaso rendimiento de este generador nos da idea el gasto de calor que repre-



Calentando la unión de dos metales distintos se establece entre ellos una corriente de escásima intensidad.



Al retirar el manantial de calor y al enfriarse la unión aparece una corriente en sentido contrario en el conductor que une los extremos del par termoeléctrico.



Pila termoeléctrica formada por la unión de tres pares. El rendimiento de estas pilas es muy escaso, dado el enorme poder calorífico que requiere el manantial que las alimenta.

senta. En efecto: para conseguir una f.e.m. de 4 V se requiere un gasto de 170 litros de gas por hora.

Se comprende que estas pilas hayan quedado en desuso como generadores de corriente. Tienen, sin embargo, un extenso campo de aplicación en termometría. Las pilas termoeléctricas, si bien dan fuerzas electromotrices de escaso valor, son extremadamente sensibles a los cambios de temperatura. Tal sensibilidad resulta ideal para la construcción de pirómetros de precisión.

Una pila termoeléctrica cuyas soldaduras queden expuestas al calor que se trata de medir, conectada a un voltímetro graduado en grados centígrados, constituye un pirómetro que aprecia con exactitud pequeñísimas diferencias de temperatura.

El material que constituye los pares depende de las temperaturas para las que debe ser sensible el pirómetro. Para temperaturas de hasta 800° se emplea cobre y constantán. Para temperaturas máximas de 500°, platino y aleación de platino y sodio.

## Instalaciones domésticas de luz

Hemos estudiado los esquemas primarios que representan la instalación de puntos de luz y de tomas de corriente; ahora ha llegado el momento de emprender el estudio de los esquemas completos como preparación del cálculo y de la realización de una instalación total.

Recordemos que de momento estamos estudiando las instalaciones de luz. La instalación de señales acústicas y de fuerza dentro del campo de las instalaciones domésticas son temas que estudiaremos a continuación.

### ESQUEMA COMPLETO DE UNA VIVIENDA

Parece lógico que antes de emprender la instalación total de una vivienda el técnico deba plantearse su esquema. En teoría así debe ser; pero el conocimiento profundo que tiene el técnico de los materiales propios de tal instalación, más el hecho de que las complicaciones técnicas que puede proporcionar una instalación de luz son prác-

ticamente nulas, permite prescindir del esquema técnico tal y como lo hemos venido concibiendo.

No se trata de negar el valor de un esquema técnico, entendámonos. Hemos dicho y sostenemos que el esquema técnico es el punto de partida de toda instalación o, mejor dicho, del estudio de la instalación. Pero a medida que usted adquiera conocimientos prácticos, se dará cuenta de que al electricista profesional lo que realmente le interesa, al tratar de calcular y presupuestar una instalación de luz, no es un esquema que le demuestre la disposición teórica de unos conductores y elementos propios de la aparamenta. Los esquemas técnicos son laboriosos y de poca utilidad práctica. Por esto se prefieren otros esquemas de tipo más general, más descriptivos, que junto con la lista de materiales faciliten enormemente la instalación.

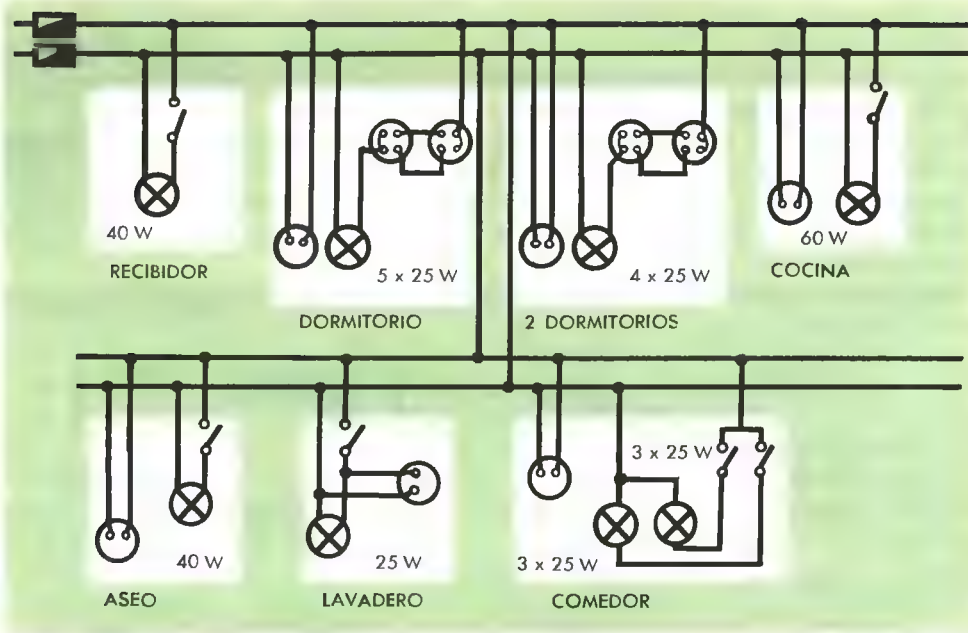
Son esquemas de tipo unipolar que se dibujan directamente sobre la planta que el arquitecto ha trazado. Se comprende que por tratarse de una realización práctica, donde el factor económico juega un importantísimo papel, el técnico electricista se preocupe por hacer el planteo de la instalación directamente sobre una representación a escala de la vivienda a instalar.

Vamos a estudiar este tipo de esquemas prácticos, pero para facilitar su comprensión empezaremos dando dos esquemas técnicos completos. El primero es el esquema de las instalaciones de luz de una vivienda de tipo modesto; el segundo, el esquema total de una vivienda de tipo medio.

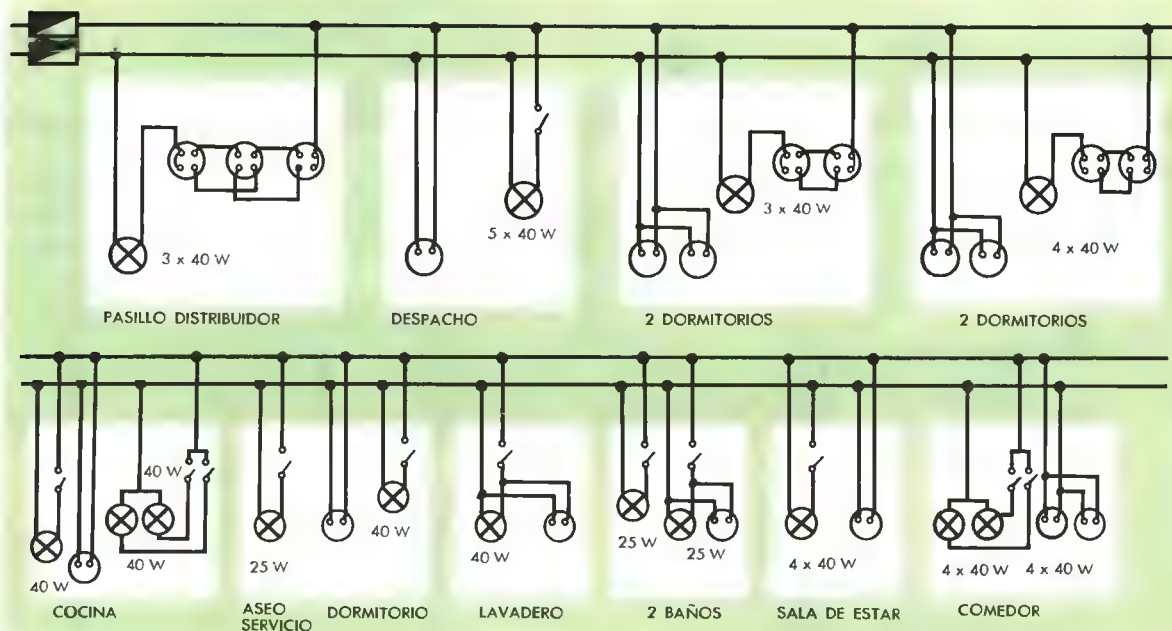


Ante cualquier vivienda a instalar, surge el problema de saber qué tipo de aparamenta será necesaria y qué características deberán tener los conductores empleados.





**Esquema técnico de la instalación eléctrica de una vivienda de tipo modesto.**



**Esquema técnico de la instalación eléctrica de una vivienda de tipo medio.**

Basta mirar ambos esquemas para comprender la gran ventaja que representa poder prescindir de ellos. Tenga en cuenta que la instalación de un enchufe, por ejemplo, es siempre la misma. La instalación de un interruptor o de un conmutador sigue siempre una misma pauta. No tarda-

rá en comprobar que, cuando se cuenta ya con alguna práctica, basta decir que en aquel punto de aquella pared debe colocarse una toma de corriente para tener solucionado un problema técnico que en realidad no existe.

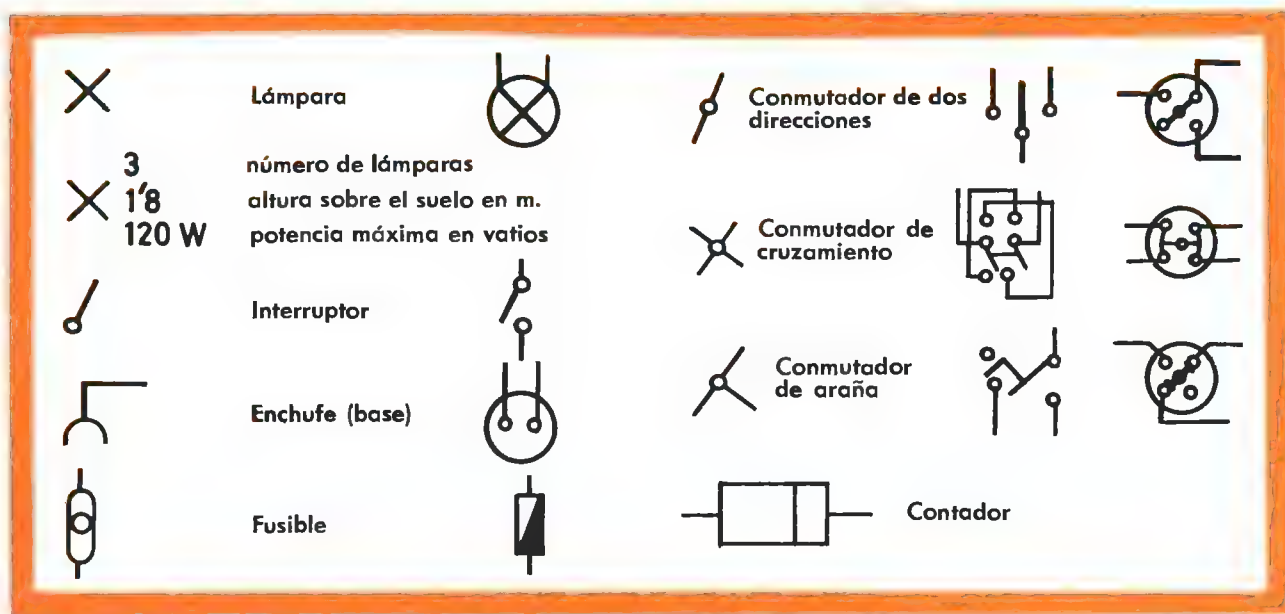
Veamos cómo son los esquemas utilizados en

la práctica para estudiar y presupuestar las instalaciones de luz.

Hemos dicho que se trata de esquemas de tipo unipolar, o sea esquemas en los cuales los dos conductores propios de toda línea se representan por un solo trazo. Recuerde al respecto lo que se dijo en la primera lección de este tratado, cuando se habló de la clasificación de los esquemas.

También los símbolos representativos de la aparatación sufren grandes modificaciones, siempre en el sentido de simplificar su representación.

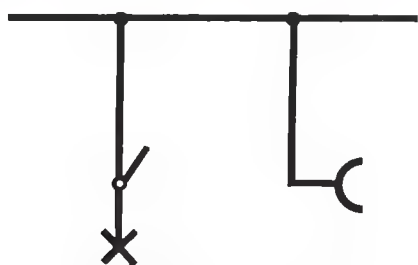
De estos nuevos esquemas recomendamos los prescritos por la Asociación Electrotécnica y damos a continuación aquellos que se emplean con mayor reiteración. Son los siguientes:



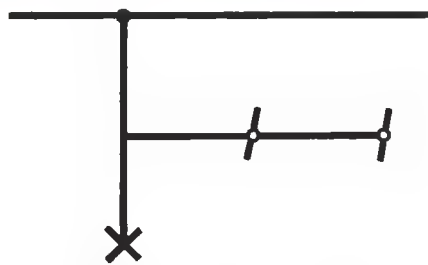
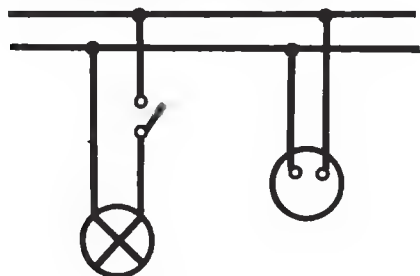
Veamos algunos ejemplos. Tratemos de representar un par de esquemas primarios, mediante el nuevo procedimiento y los nuevos símbolos. Recuerde que los dos conductores de la línea se convierten en un solo trazo, el cual representa,

por así decirlo, la envoltura aislante del conductor, en cuyo interior están realmente los dos tramos necesarios para establecer el circuito.

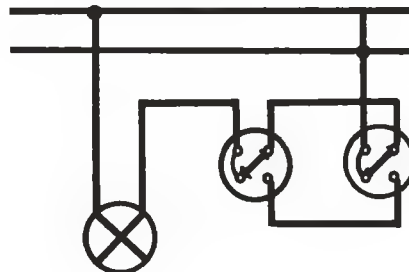
Vea los dos ejemplos enunciados.



Instalación de lámpara, interruptor y toma de corriente, equivalente a...

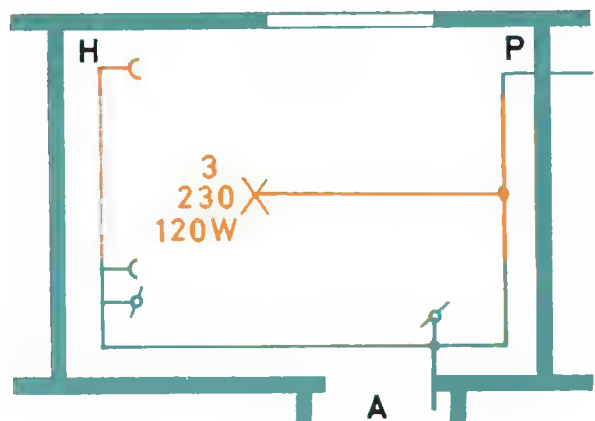


Instalación de lámpara y dos conmutadores, equivalente a...





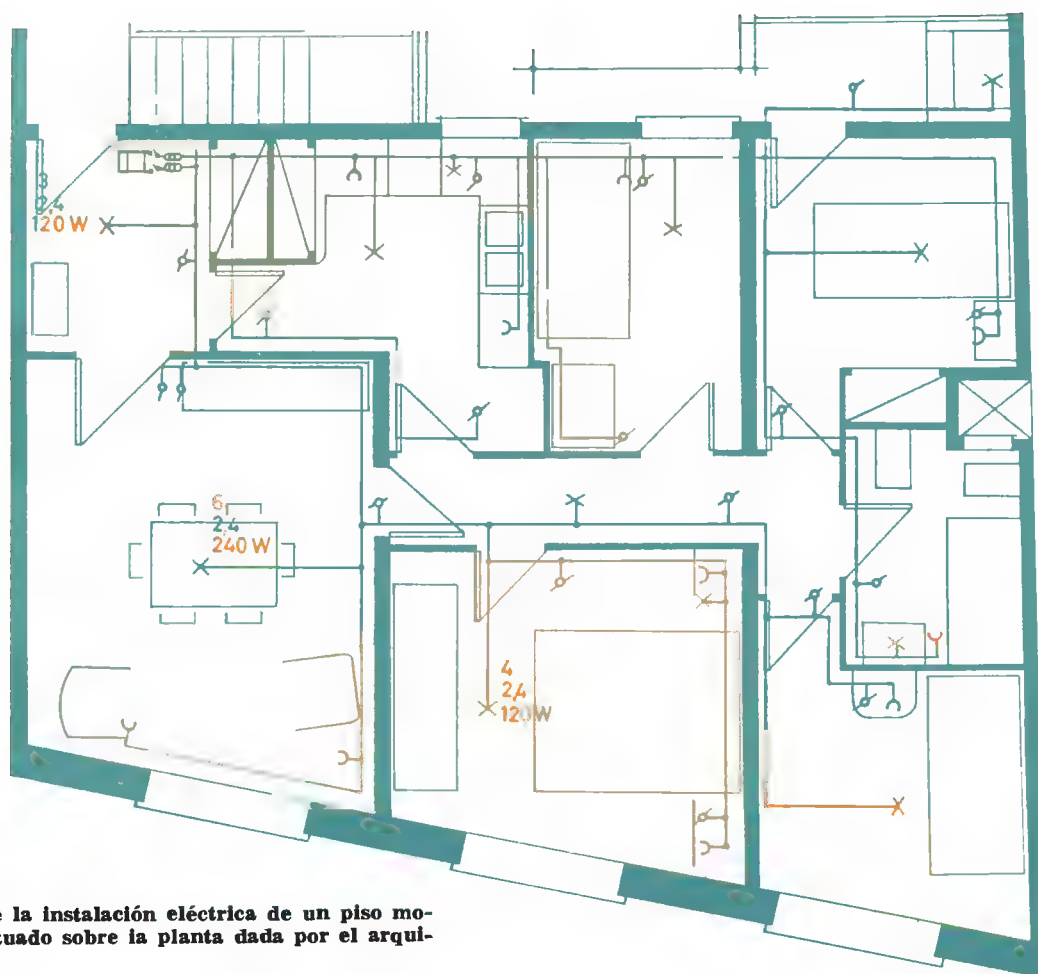
A continuación trazamos la planta de un dormitorio con su instalación eléctrica. Observe la simplicidad y claridad de este esquema:



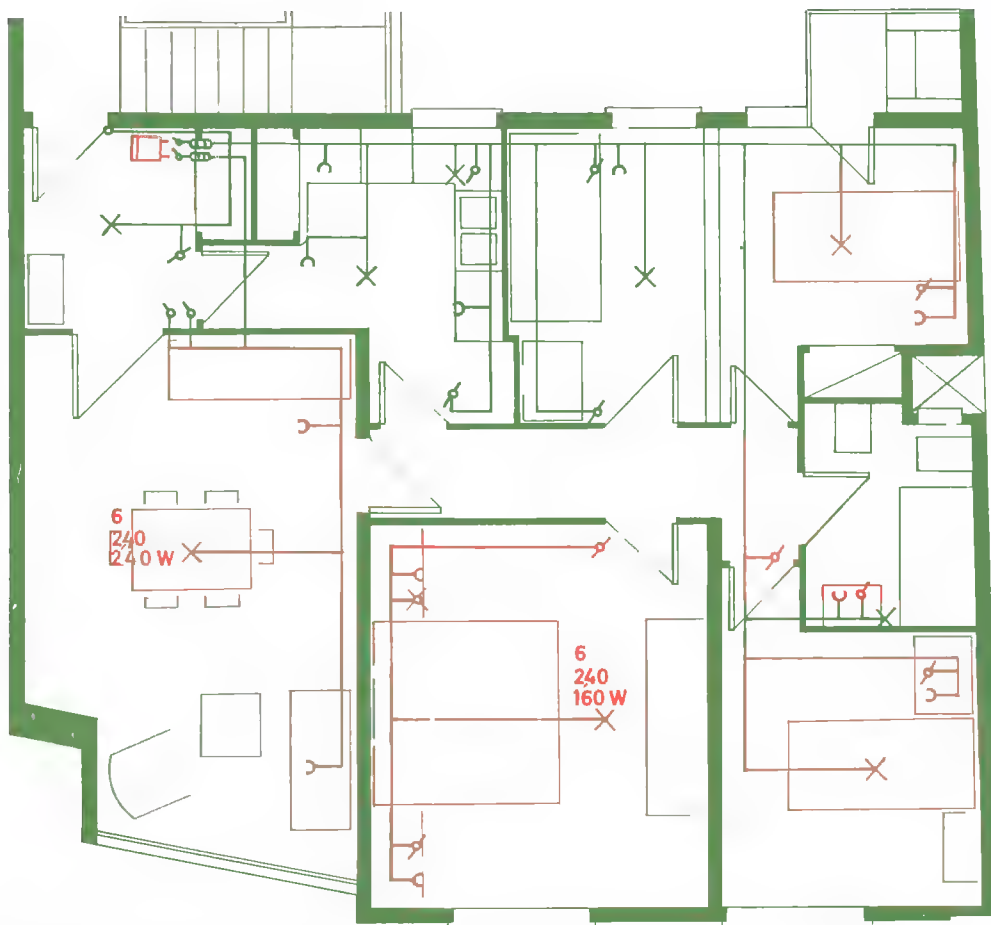
La línea entra al dormitorio a través de la pared de la puerta A. Una vez en el interior de

la estancia, esta línea general se bifurca recorriendo a ras de techo las paredes de la habitación hasta alcanzar por un lado el punto P y por el otro el H. De la línea general, como es natural, arrancan las derivaciones pertenecientes al conmutador que encontramos entrando por A a mano derecha, del punto de luz centrado a la habitación, de otro conmutador —que lógicamente estará situado al lado de la cabecera de la cama— y de las dos tomas de corriente situadas a los dos lados de la misma. Por las anotaciones numéricas añadidas al lado de la cruz que simboliza la lámpara sabemos que se tratará de un grupo de tres lámparas, situado a una altura de 2'30 m a partir del suelo, cuya potencia máxima será de 120 W.

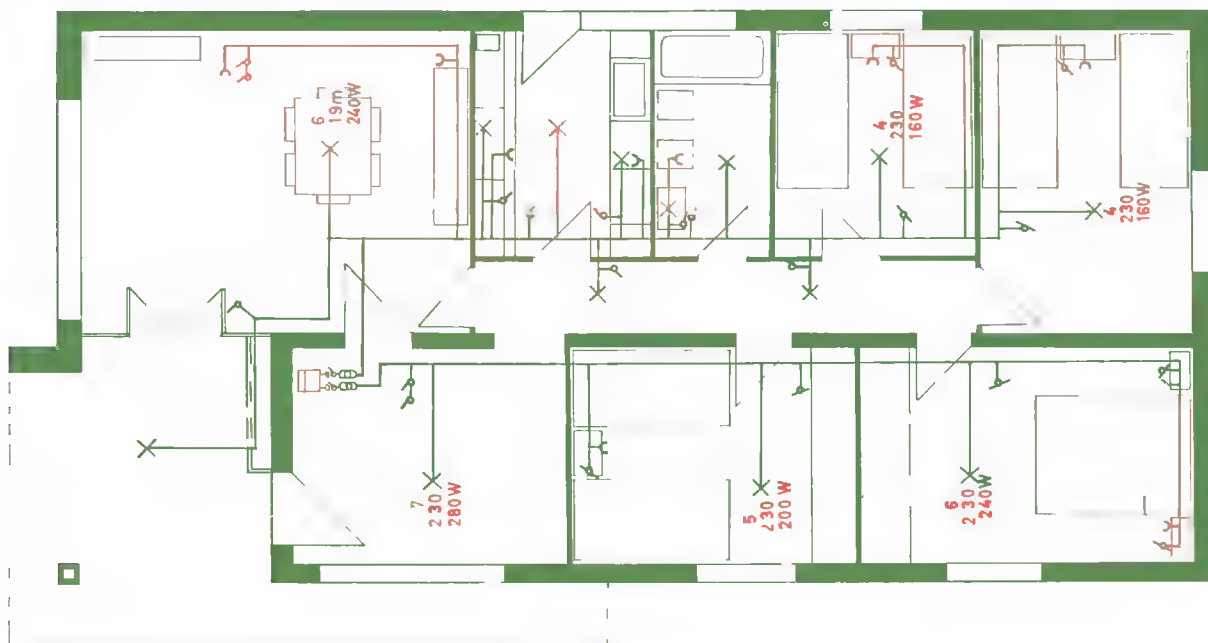
Conocidos los símbolos representativos, la interpretación de estos esquemas es inmediata. Para familiarizarnos un poco más con este tipo de representaciones esquemáticas, adjuntamos el esquema completo de varios tipos de vivienda. Véalos usted:



Planteo de la instalación eléctrica de un piso modesto efectuado sobre la planta dada por el arquitecto.



**Planta de una vivienda de tipo medio, con el esquema de la instalación eléctrica a efectuar en él.**



**Planta de una vivienda de lujo, con la indicación esquemática de la instalación eléctrica a realizar.**

Con esto, y como nos propusimos, tenemos todo el bagaje representativo que necesitamos para plantear una instalación doméstica partiendo del contador, cuya instalación suponemos realizada. La instalación del contador es extremo que deberemos estudiar próximamente. En principio, pues, nuestra instalación empieza en el punto A de nuestro gráfico, donde representamos el contador instalado en la vivienda. El panel que figura inmediatamente debajo de A contiene los dos fusibles (uno para cada tramo de la línea principal) y el interruptor de entrada. Accionando este interruptor dejamos sin corriente la totalidad de la instalación del piso o vivienda.

Para completar el estudio de las instalaciones de luz nos queda por ver su estudio técnico (cálculo de conductores y apartament) y su realización práctica. El primero de estos dos apartados es puramente técnico, y el segundo de índole práctica.

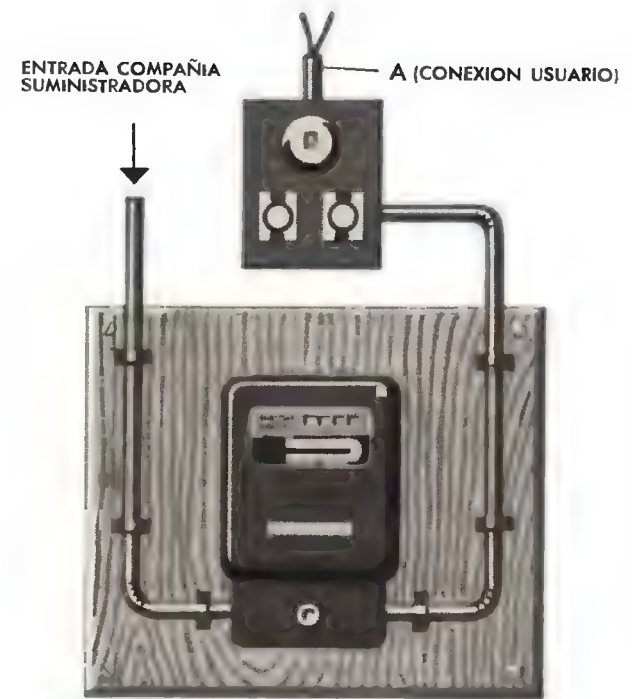
## LAS NECESIDADES DE UNA VIVIENDA

Imagine lo que se preguntaría usted si, de buenas a primeras, hubiese de hacer la instalación eléctrica de una vivienda nueva. ¿Qué hago? ¿Qué pongo en esta vivienda?

Las preguntas son lógicas en usted, que está lleno de inquietudes. Todo llegará, no se preocupe. Nos faltan conocimientos para responder con total autoridad a estas dos preguntas, una de ellas imprescindible: la luminotecnia o arte de la luz. Con esta parte de la electricidad en su haber, podrá iluminar correctamente cualquier medio, desde una simple habitación a una carretera, pasando por la iluminación artística de un edificio histórico si se tercia.

Pero, en pura lógica, usted no puede esperar a tener un cúmulo de conocimientos para sentirse capaz de instalar la luz en una habitación normal, o en una vivienda, sin muchas complicaciones. Usted debe conocer las necesidades más imperiosas de toda habitación humana, para poder ofrecer soluciones a los posibles clientes. Con el fin de capacitarle en tal sentido, le daremos unos consejos de índole práctica con los que irá aclarando ideas y ampliando conocimientos.

Es casi seguro que usted haya visto un piso nuevo, acabado de construir. Este piso carece de lámparas u otros elementos de iluminación, porque el instalador electricista solamente ha conectado los hilos y la apartament necesaria, quedando a gusto del inquilino los elementos de ilumina-

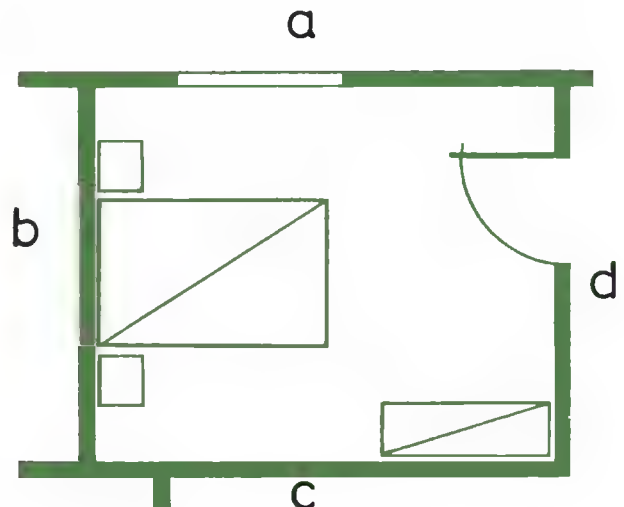


ción. Del techo de cada habitación sale un trozo de tubo aislante del que emergen dos o tres hilos para posteriores conexiones.

Esta primera instalación es la que se hace partiendo del plano del arquitecto, quien en las plantas señala la posición ideal de los muebles. Esta disposición del arquitecto es la que en principio nos obliga a situar la apartament en unos puntos determinados.

Por ejemplo: supongamos que en la planta de un piso aparece la habitación que representamos.

¿Cuál es la situación más lógica de la apartament eléctrica? Tratándose de una habitación,



cuya extensión y disposición ideal de los muebles podemos apreciar, lo normal será instalar uno de los interruptores que controlen la luz central en la pared D, junto a la puerta, y el otro en la pared B, junto a la cama. Para las posibles lámparas a colocar sobre las mesitas de noche deberemos prever dos tomas de corriente, situadas a ambos lados de la cama. La entrada de corriente se hará por el centro de la habitación, dejando preparadas las conexiones para la lámpara central.

Se comprende que la instalación será más o menos compleja según el tipo de vivienda y las posibilidades económicas. En este sentido, y en viviendas donde pueda preverse un cierto lujo,

hay un amplio campo de acción en manos del técnico electricista, puesto que, cada día más, la luz es parte integrante y primordial en la decoración de interiores. Pero, como comprenderá fácilmente, toda vivienda tiene un mínimo de necesidades que es necesario cubrir. En la actualidad nadie concibe una vivienda, por modesta que sea, sin una instalación eléctrica adecuada, para poder utilizar un buen número de aparatos que, dejando de ser privativos de las clases económicamente fuertes, han pasado a ser de dominio común, puesto que su producción masiva los ha puesto al alcance de economías más modestas.

Veamos un lógico programa de necesidades a tener en cuenta en toda instalación doméstica:

## COCINA

Una lámpara para la iluminación general.  
Una lámpara cerca de los fogones, para la iluminación local del puesto de trabajo.  
Un enchufe en lugar accesible.

## COMEDOR

Un conmutador de araña, o dos interruptores, para una lámpara con dos juegos de luz.  
Dos enchufes repartidos estratégicamente para TV, radio, lámpara de pie, etc.

## HABITACION

Conmutadores junto a la puerta de entrada y junto a la cama, para el control de la iluminación situada en el centro de la habitación.

Un enchufe a cada lado de la cama (habitación de matrimonio), o a un solo lado de la misma (habitación unipersonal), para la conexión de las lámparas de la mesita de noche, esterillas eléctricas, etcétera.

## DESPACHO

Una lámpara para la iluminación general de la habitación, con interruptor junto a la puerta.  
Uno o dos enchufes para lámparas de sobremesa.

Uno de los enchufes puede situarse en un lugar adecuado para conectar a él dictáfonos, magnetofonos, etc., etc.

## PASILLO

Si se trata de un pasillo largo, varias lámparas independientes y sendos interruptores a la altura de la lámpara respectiva.

También puede pensarse en una instalación

conmutada para controlar una sola luz desde distintos puntos.

Si el pasillo es corto, basta con una lámpara central y un interruptor en sitio asequible.

## RECIBIDOR

Una lámpara para su iluminación general, con interruptor junto a la puerta.

Según la extensión del recibidor, puede pensarse en la colocación de uno o más apliques de pared, con interruptor independiente.

## LAVABO Y WC O BAÑO

Una lámpara para la iluminación general con interruptor junto a la puerta.

Una lámpara con mando independiente sobre el espejo del lavabo y enchufe incorporado a dicha lámpara.



Los pormenores de situación de los conductores y aparamenta se estudiarán en el momento oportuno en el capítulo reservado a la realización práctica de estas instalaciones.

Tenga en cuenta que ni los esquemas que hemos propuesto ni este somero programa de necesidades son exhaustivos; no lo son, ni muchísimo menos. Puede añadirse más aparamenta o puede suprimirse. Cubiertas las necesidades mínimas, el técnico electricista queda en libertad para estructurar la instalación que mejor le parezca, siempre, de acuerdo con el volumen económico que pueda alcanzar.

## CALCULO DE LAS INSTALACIONES DOMESTICAS DE LUZ

Si preguntase a muchos electricistas cómo operan para calcular las instalaciones que realizan, se encontraría con la sorpresa de comprobar que estos *prácticos* de la electricidad proceden casi a ciegas. Asesorados por la práctica y por un cúmulo de experiencias adquiridas desde sus tiempos de aprendiz, trabajan según cálculos completamente empíricos.

Cierto es que una instalación doméstica poco cálculo necesita; pero es mala costumbre seguir el ejemplo de los demás, porque esta manera de actuar, carente de base científica, nos incapacitaría para solucionar aquellos casos especiales con los que todo técnico debe contar. Por otra parte, si bien las instalaciones domésticas admiten un

Desgraciadamente, y en algunos sectores directamente relacionados con el electricista, no se da a la instalación de una vivienda la importancia que realmente tiene; y el buen deseo del electricista por dotar a los usuarios de los medios precisos para que puedan disfrutar ampliamente de las ventajas que ofrece la electricidad se estrella ante las imposiciones de tipo económico que fuerzan a ajustarse a un presupuesto dado.

El técnico consciente debe defender sus principios, que al fin y al cabo redundarán en bien de la vivienda y en provecho de sus moradores.

amplio margen de tolerancia (voltio más voltio menos o amperio más, amperio menos, pocas veces tiene repercusiones graves en la instalación), no es así en otro tipo de trabajos, donde deben emplearse materiales cuyo comportamiento ante la corriente eléctrica responda a cálculos muy precisos. Piense, pues, que lo que vamos a estudiar no sólo es útil para calcular instalaciones de luz, sino que son conceptos cuyo estudio técnico puede solucionar muchas cuestiones de índole distinta a lo que estamos tratando.

El cálculo de las instalaciones se enfoca desde dos puntos de partida distintos: a partir de la DENSIDAD DE CORRIENTE y a partir de la CAÍDA DE TENSIÓN de la línea. Estudiemos ambos conceptos.

## DENSIDAD DE CORRIENTE

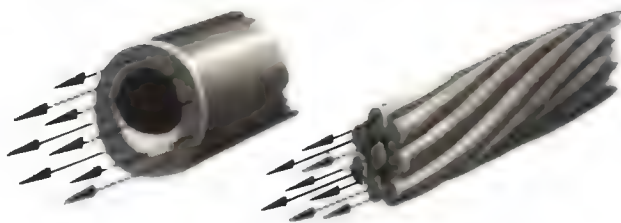
Recordará, sin duda, que en la lección 1, al tratar de la tensión superficial, se dijo que las cargas se concentraban en la superficie de los cuerpos, de modo que afirmábamos que, considerando un mismo número de cargas, la concentración aumentaba a medida que disminuía la superficie. Pues bien; de la misma manera que las cargas estáticas se concentran en la periferia de los cuerpos, también una corriente eléctrica tiende a circular por la periferia de los conductores. Considerada la sección de un conductor, la corriente no se reparte uniformemente, sino que la intensidad aumenta a medida que consideramos superficies más cercanas al exterior del conductor.

Este fenómeno, sin embargo, sólo debe tomarse en consideración para grandes diámetros. En tales casos resulta mucho más conveniente usar cables o conductores de perfil tubular.

Para los diámetros usados normalmente, este fenómeno se desestima y podemos afirmar, con



Entendemos por densidad de corriente la cantidad de cargas que pasan por la unidad de superficie.



Para grandes diámetros se emplean conductores tubulares o cables de conducción.

casi absoluta propiedad, que la intensidad de la corriente se reparte uniformemente por toda la superficie del conductor.

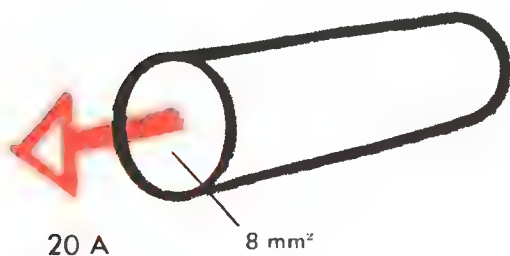
Aceptando esta uniformidad, llamaremos DENSIDAD DE CORRIENTE AL NÚMERO DE AMPERIOS QUE CIRCULAN POR CADA MILÍMETRO CUADRADO DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR.



Así, por ejemplo, si por un conductor de 8 mm² de sección circula una corriente de 20 A, diremos que la densidad de la corriente, en dicho conductor, es:

$$\frac{\text{Amperios totales}}{\text{mm}^2 \text{ de sección}} = \frac{20}{8} = 2,5 \text{ amperios por mm}^2 \text{ (2,5 A/mm}^2\text{)}$$

La intensidad se reparte por igual por toda la sección del conductor, de tal forma que si, en vez



## DENSIDAD ADMISIBLE

Uno de los sistemas para conocer el diámetro de los conductores aptos para una instalación, se fundamenta en el cálculo de la densidad admisible.

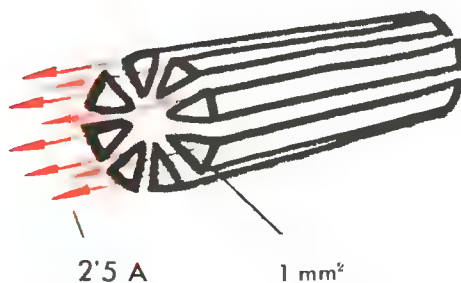
Pero el valor de la densidad de corriente admisible para un conductor es muy difícil de determinar con exactitud, puesto que el calentamiento

de establecer un solo conductor de 8 mm² de sección, empleásemos un haz de ocho conductores de 1 mm² por cada uno de ellos circularían 2,5 A.

La densidad de la corriente es lo que determina el mayor o menor calentamiento del conductor. Si la densidad es muy elevada (caso de emplear un conductor de sección demasiado pequeña en relación a la intensidad que por él debe circular) su temperatura se elevará demasiado, pudiendo quemar la protección aislante con el consiguiente peligro de un cortocircuito con los conductores próximos.

Se comprende que para un mismo conductor y una misma intensidad (lo que es lo mismo que decir para una misma densidad) el calentamiento será mayor o menor según las condiciones de ventilación en que se halle el conductor. Un mismo conductor puede admitir una mayor densidad de corriente estando en contacto con el aire que si está instalado bajo tubo.

Se comprende también que todo conductor podrá soportar una densidad máxima, sobrepasada la cual se fundirá. Es el caso característico de los fusibles: por encima de una intensidad determinada, la densidad de corriente provoca un calentamiento que rebasa el punto de fusión del material.



to del mismo depende de muchos factores.

Es por ello por lo que, como medida de seguridad, los reglamentos electrotécnicos que editan los organismos oficiales de todos los países dan los valores máximos aceptables para la intensidad que pueden admitir los conductores en A/mm².

En España rige el Reglamento Electrotécnico para baja tensión, que por decreto del 3-VI-1955 establece, en el artículo 12, los valores máximos que detallamos en la tabla adjunta.

Sección del conductor en mm <sup>2</sup>	CONDUCTORES AL AIRE		Conductores encerrados en tubo
	Densidad máxima A/mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima A	Intensidad máxima A
0'75	8	6	4'5
1	8	8	6
1'5	7'5	11'25	8'43
2'5	6'9	17'25	12'93
4	6'1	24'4	18'3
6	5'6	33'6	25'2
10	5'1	51	38'25
16	4'5	72	54
25	3'8	95	71'25
35	3'2	112	84
50	3	150	112'5
70	2'5	175	131'25
95	2'1	199'5	149'62
100	2	200	150
120	1'9	228	170
150	1'8	270	202'5
200	1'7	340	225
300	1'6	480	360
400	1'45	580	435
500	1'4	700	525

Ejemplos:

Si tratamos de instalar un receptor de 1250 W a 125 V, ¿qué sección de conductor deberá escoger suponiendo que se trate de una instalación al aire?

Empecemos por calcular la intensidad:

$$I = \frac{W}{V} = \frac{1250}{125} = 10 \text{ A}$$

## CAIDA DE TENSION

¿Ha observado alguna vez cómo baja la luz cuando en su casa se enchufa la plancha o una estufa eléctrica?

¿A qué puede ser debido este fenómeno?

Para averiguarlo debemos acudir a la ley de Ohm.

Consultemos la tabla anterior. En ella no figura el valor de 10 A; y en estos casos siempre consideraremos la intensidad más cercana, pero que supere la encontrada por cálculo. En nuestro caso tomaremos la intensidad de 11'25 A, a la que corresponde un conductor de 1'5 mm<sup>2</sup> de sección.

Para instalar una lámpara de 250 W a 125 V, bajo tubo, ¿qué sección de conductor deberemos admitir?

$$I = \frac{250}{125} = 2 \text{ A}$$

Si nos guiamos por la tabla que conocemos (art. 12 del Reglamento para Baja Tensión), es evidente que escogeremos una sección 0'75 mm<sup>2</sup>. Pero siguiendo con el Reglamento de Baja Tensión (cuya adquisición recomendamos), en el artículo 11, leemos:

Sección mínima admitida para conductores de cobre:

Cordón flexible ... .. 0'75 mm<sup>2</sup>  
 Conductores aislados instalados en tubos ... .. 1'— mm<sup>2</sup>  
 Conductores aislados, instalados al aire en vanos menores de 1 m ... .. 1'5 mm<sup>2</sup>  
 Conductores aislados o desnudos instalados en el interior de edificios o a la intemperie con longitud de vanos comprendida entre 1 y 20 m ... .. 4 mm<sup>2</sup>  
 Líneas en general con vanos mayores de 35 m ... .. 10 mm<sup>2</sup>

Según este nuevo artículo, es evidente que deberemos instalar un conductor de 1 mm<sup>2</sup> de sección, muy superior a la técnicamente precisa. Recuerde que hemos supuesto que la instalación se hacía bajo tubo.

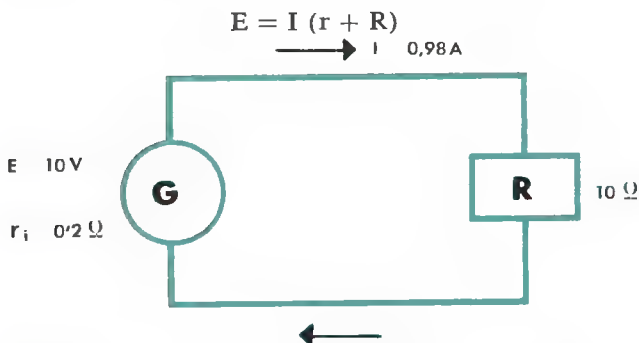
Según el Reglamento para Baja Tensión vigente en España, la caída de tensión provocada por los conductores a partir del contador no deberá sobrepasar el 1'5 % de la tensión que llega al mismo.

Hasta aquí el cálculo de conductores partiendo de la densidad de corriente. Veamos otro concepto del que partir para el cálculo de las instalaciones de luz.

Supongamos un circuito formado por un generador, una línea y una resistencia de R Ω. En el generador, por causa de su resistencia interna, tendremos una caída de tensión que, según recordará, viene dada por la expresión Ir, siendo I la intensidad y r la resistencia interna del generador.

La d.d.p. o voltaje medido entre los bornes del generador sabemos que es  $V = E - Ir$ , recuérdelo; y por tanto el voltaje variará según el valor de la caída interna del generador.

Según Ohm, es  $V = R \times I$ , de donde  $E - Ir = R \times I$ . Operando con esta igualdad, llegamos a esta expresión:



Supongamos ahora un circuito cuyo generador tiene una f.e.m. de 10 V y cuya resistencia interna es  $r = 0,2 \Omega$ . En este circuito conectamos una resistencia de  $10 \Omega$  y despreciamos la resistencia del conductor. Aplicando la fórmula anterior, tendremos:

$$10 = I (0,2 + 10) = I \times 10,2$$

$$I = \frac{10}{10,2} = 0,98 \text{ A}$$

Por lo tanto, la caída interna del generador, será:

$$\text{Caída interna} = Ir = 0,98 \times 0,2 = 0,18 \text{ V}$$

De donde deducimos que el voltaje proporcionado por el generador no es de 10 V (f.e.m.) sino que es:

$$V = E - Ir = 10 - 0,18 = 9,82 \text{ V}$$

Este sería el voltaje útil. Observe que tal voltaje depende, en último término, de la resistencia conectada al circuito. Digamos que la resistencia es de  $7 \Omega$  y no de  $10 \Omega$ .

$$E = I (0,2 + 7) = I \times 7,2$$

$$10 = I \times 7,2$$

$$I = \frac{10}{7,2} = 1,39 \text{ A}$$

$$Ir = 1,39 \times 0,2 = 0,28 \text{ V}$$

$$V = E - Ir = 10 - 0,28 = 9,72 \text{ V}$$

El voltaje habrá aumentado; puede afirmarse que la diferencia de potencial entre los bornes de un generador depende de la carga que se conecta entre ellos.

Es, sin duda, un grave inconveniente, puesto que si la d.d.p. que medimos a la salida del contador de una vivienda (a efectos prácticos podemos considerar que los bornes del generador son los dos cables de salida del contador) oscila según la carga, no habrá sistema de controlar el rendimiento de los distintos receptores conectados al circuito. Pero este inconveniente se evita por distintos procedimientos que debemos estudiar con todo detalle, y cuya consecuencia es que, para los efectos prácticos, *puede admitirse que la tensión, a la salida del contador, es constante.*

Así, pues, que baje la luz cuando enchufamos una estufa no puede achacarse a la caída de tensión del generador. ¡Pero el fenómeno está a la vista!

El fenómeno, digámoslo ya, se debe a la CAÍDA DE TENSIÓN EN LA LÍNEA.

## CAIDA DE TENSION EN LA LINEA

Hemos supuesto que la resistencia del conductor es despreciable, ¿recuerda...? Pues no; esta resistencia no puede despreciarse.

Consideremos un receptor de  $4 \Omega$  conectado a una toma de corriente (salida de contador, por ejemplo) entre cuyos bornes medimos un voltaje de 100 V. Esta resistencia queda a 100 m de la toma de corriente y el conductor empleado es de cobre y  $4 \text{ mm}^2$  de sección. Vea el esquema.





Calculemos la resistencia del conductor.

$$R = 0'017 \frac{100}{4} = 0'425$$

Al ser dos conductores será:

$$R_{\text{línea}} = 0'425 \times 2 = 0'850$$

Deduzcamos la intensidad que consume el receptor:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{4} = 25 \text{ A}$$

## CAIDA DE TENSION ADMISIBLE

En el ejemplo que acabamos de ver la caída de tensión (21'25 V) es algo más del 20 por 100. Es excesiva, desde luego. Para lámparas de incandescencia puede admitirse una caída máxima del 5 % para que las fluctuaciones de la luminosidad sean apenas perceptibles.

Al obligarnos a una caída de tensión tope, deberemos enfocar el cálculo de la línea partiendo del 5 % establecido. Volvamos al ejemplo anterior.

Supuesto un 5 % de caída máxima, su valor en voltios deberá ser:

$$\text{Caída de tensión} = \frac{100 \times 5}{100} = 5 \text{ V}$$

La resistencia de la línea, conociendo la intensidad (25 A) deberá ser:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5}{25} = 0'2 \Omega \text{ de resistencia total}$$

Al ser dos conductores podremos admitir para cada uno de ellos una resistencia de  $0'2 : 2 = 0'1 \Omega$ .

Los conductores de cobre deberán tener la siguiente sección:

$$R = \rho \frac{l}{s} \text{ de donde } s = \rho \frac{l}{R}$$

$$S = 0'017 \frac{100}{0'1} = 17 \text{ mm}^2$$

LA CAÍDA DE TENSIÓN EN LA LÍNEA VENDRÁ DADA POR LA INTENSIDAD CONSUMIDA Y LA RESISTENCIA DEL CONDUCTOR.

$$\text{Caída en la línea} = 25 \times 0'85 = 21'25 \text{ V}$$

Entre los bornes del receptor habrá una d.d.p. no de 100 V, como teníamos a la salida del contador, sino de  $100 - 21'25 = 78'75 \text{ V}$ .

Por lo tanto, si de los bornes del receptor derivamos la instalación de una o más lámparas calculadas para 100 V, arderán mal, puesto que la d.d.p. entre los puntos 1 y 2 es de 78'75 V y no de 100 V.

Cuando el receptor R no está conectado (digamos que desenchufamos la estufa), al tener las lámparas mayor resistencia, disminuye la intensidad y con ella la caída de tensión. Aumenta el voltaje y también la luminosidad de las lámparas.

En la práctica, instalaríamos conductores de 16 mm<sup>2</sup>

Queda demostrado que no basta con calcular un conductor en función de la densidad de corriente debe comprobarse si la caída de tensión provocada por el conductor cae dentro del 5 % admisible.

Veamos algunos ejemplos:

I. La tensión entre los bornes de un contador, medida con el voltímetro, es de 125 V. Debemos instalar una lámpara de comedor con seis bombillas de 40 W cada una. La línea, desde el contador a la lámpara, tiene una longitud de 16 m. ¿Qué sección debe tener el conductor empleado?

a) Cálculo por densidad de corriente:

$$I = \frac{W}{V} = \frac{6 \times 40}{125} = \frac{240}{125} = 1'92 \text{ A}$$

Supuesta la instalación bajo tubo, precisaremos una sección menor de 0'75 mm<sup>2</sup> (según tablas). Pero bajo tubo (art. 11 del Reglamento) la sección mínima debe ser de 1 mm<sup>2</sup>. En principio, pues, aceptamos esta sección.

b) Por caída de tensión:

$$\text{Caída admisible} = \frac{125 \times 1'5}{100} = 1'87 \text{ V}$$

La resistencia del conductor deberá ser de:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1'87}{1'92} = 0'97 \Omega$$

Si la longitud de la línea es de 16 m tendremos 32 m de conductor, cuya sección deberá ser:

$$S = \rho \frac{l}{R} = 0'017 \frac{32}{0'97} = 0'56 \text{ mm}^2 \text{ de sección mínima.}$$

Luego: vale el conductor de 1 mm<sup>2</sup> de sección.

II. — Entre los bornes del contador de un chaflet medimos una tensión de 218 V. Desde el mismo debe tenderse una línea hasta el jardín, capaz para una potencia de 800 W. Medida la longitud de la línea, resulta ser de 40 m. ¿Qué sección deberá tener el conductor?

a) Por densidad de corriente:

$$I = \frac{800}{218} = 3'65 \text{ A}$$

Supuesta la instalación bajo tubo, nos basta la sección mínima de 1 mm<sup>2</sup>.

b) Por caída de tensión:

$$\text{Caída admisible} = \frac{218 \times 1'5}{100} = 3'27 \text{ V}$$

Resistencia de la línea:

$$R = \frac{3'27}{3'65} = 0'9$$

Sección del conductor, cuya longitud sabemos de 80 m:

$$S = 0'017 \frac{80}{0'9} = 1'5 \text{ mm}^2$$

No basta una sección de 1 mm<sup>2</sup>, suficiente para la densidad de corriente prevista. Para mantenernos dentro de una caída de tensión admisible, deberemos emplear conductores de 1'5 mm<sup>2</sup> de sección.

III. — Una línea de 18 m de longitud y sección de conductor de 1'5 mm<sup>2</sup>, está conectada a un contador entre cuyos bornes hay una tensión de 125 V. Al final de la línea interesa conectar un calefactor de 1.200 W a 125 V. ¿Es posible?

Veremos que no:

La intensidad consumida por el calefactor será:

$$I = \frac{1200}{125} = 9'6 \text{ A}$$

La densidad de corriente, puesto que tenemos conductores de 1'5 mm<sup>2</sup>, será:

$$\delta = \frac{9'6}{1'5} = 6'4 \text{ A/mm}^2$$

Hasta aquí no hay inconveniente, puesto que un conductor de 1'5 mm<sup>2</sup> admite hasta 7'5 A/mm<sup>2</sup>. Veamos la resistencia de la línea:

$$R = 0'017 \frac{2 \times 18}{1'5} = 0'4$$

Y ahora, la caída de tensión:

$$V = 0'4 \times 9'6 = 3'84 \text{ V}$$

Pero la caída admisible es:

$$\text{Caída admisible} = \frac{125 \times 1'5}{100} = 1'87 \text{ V}$$

La línea nos da una caída de tensión bastante superior a la admisible. Deberemos sustituirla por otra línea cuya sección de conductor será:

Caída admisible 1'87 V.

$$\text{Resistencia de la línea} = \frac{1'87}{9'6} = 0'195.$$

$$\text{Sección} = 0'017 \frac{2 \times 18}{0'195} = 3'12 \text{ mm}^2$$

Deberíamos adoptar un conductor de 4 mm<sup>2</sup> de sección.

Con estas consideraciones sobre el cálculo de las instalaciones de luz se cierra un primer ciclo de nuestro método. En él hemos estudiado las bases de la electrotecnia y hemos sentado la base técnica que debe permitirle afrontar con éxito la práctica de las instalaciones domésticas.

Hemos visto el porqué. Estamos en condiciones de estudiar el cómo. Del papel, del estudio técnico, podemos pasar al trabajo manual con la seguridad de que nuestra preparación técnica será el mejor aval para acreditar nuestra solvencia.

## Empalmes y conexiones Ejecución correcta

Realizar una instalación, del tipo que sea, significa un trabajo manual cuya correcta ejecución no se improvisa. Las manos del perfecto electricista son manos hábiles y seguras, obedientes a la inteligencia y educadas a través de un aprendizaje.

Las manipulaciones que intervienen en una instalación de luz son de escasísima complicación: empalmes y conexiones normales en los que interesa asegurar unos contactos efectivos y duraderos; el correcto aislado de los mismos, y prácti-

camente, nada más. Existen, cierto, otras operaciones de importancia que veremos y practicaremos en su día; pero ya no son casos imprescindibles, sobre todo en instalaciones de luz. El doblado y colocación de tubos aislantes, por ejemplo, es una de las prácticas del oficio que, si bien revisten una importancia indiscutible, no son esenciales.

Vayamos ahora a lo esencial como primera etapa de la realización práctica de instalaciones domésticas.

### EMPALMES

#### PARA CONDUCTORES DE IGUAL O DISTINTO DIÁMETRO:

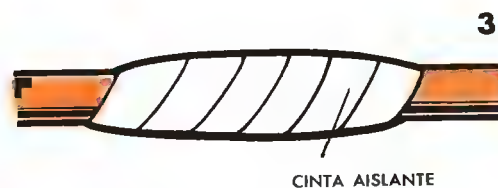
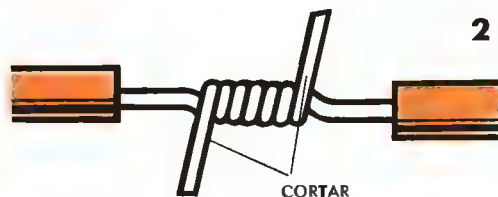
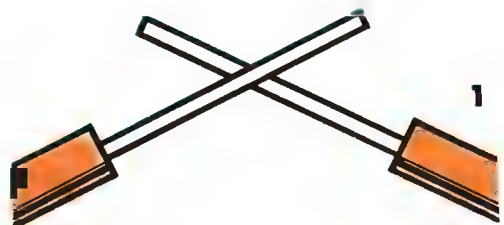
Para empalmar dos conductores cuya sección no exceda de los 2'5 mm<sup>2</sup> se procede de este modo:

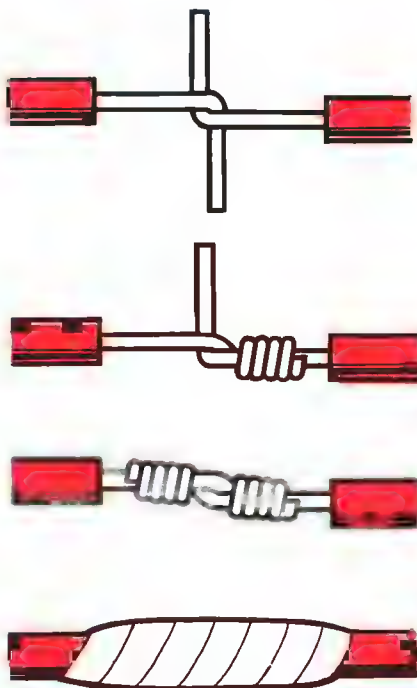
1.— Se cruzan los dos cabos previamente despojados de su envolvente aislante. Normalmente no hace falta desnudar más de 3 cm del cabo a empalmar. El punto de intersección estará, aproximadamente, en el punto medio de los dos cabos.

2.— Se hace el empalme enrollando los dos cabos, uno sobre otro y en sentido contrario. Las puntas sobrantes se cortarán para evitar que lleguen a taladrar la cinta aislante con que protegemos el empalme.

3.— Procederemos a colocar un vendaje de cinta aislante. Este vendaje deberá cubrir la totalidad del empalme, pero sin exagerar su espesor. Normalmente basta una sola capa de cinta enrollada en forma de tirabuzón.

Estos empalmes pueden practicarse sin ayuda de herramientas. Bastan las manos.





Los conductores cuya sección es superior a los 2'5 mm<sup>2</sup> requieren una mayor trabazón. Para empalmar hilos de sección comprendida entre los 3 y los 16 mm<sup>2</sup> de sección, procederemos de acuerdo con los gráficos siguientes:

Los cabos a empalmar se doblan en ángulo recto y se entrecruzan por sus vértices.

Se enrolla el tramo vertical de uno de los dos cabos cruzados sobre el tramo horizontal del otro.

Se hace lo mismo con la otra mitad del empalme.

Por último recubriremos la zona del empalme con un vendaje de cinta aislante.

Para efectuar estos empalmes con hilos de mayor sección se requiere la ayuda de los alicates.

## EMPALMES EN FORMA DE COLA

### PARA CONDUCTORES DE IGUAL DIÁMETRO:

Cruzaremos los dos cabos en un punto cercano a la cubierta aislante... e iremos enrollándolos al mismo tiempo formando una doble hélice.

Como siempre, añadiremos la protección aislante.

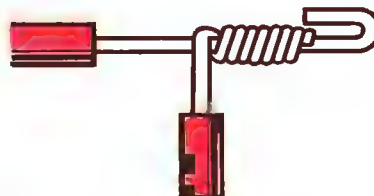
### PARA CONDUCTORES DE DISTINTO DIÁMETRO:

En este caso, el cabo del hilo más grueso permanece fijo. Se enrolla el cabo más delgado sobre el más grueso, empezando por la parte más cercana a la cubierta aislante.

Luego se dobla sobre sí mismo el extremo del hilo de mayor diámetro, formando un gancho que evite el desplazamiento del cabo enrollado.

Añadiremos el vendaje con cinta aislante.

Estos empalmes se practican con las manos o con alicates, según los diámetros.





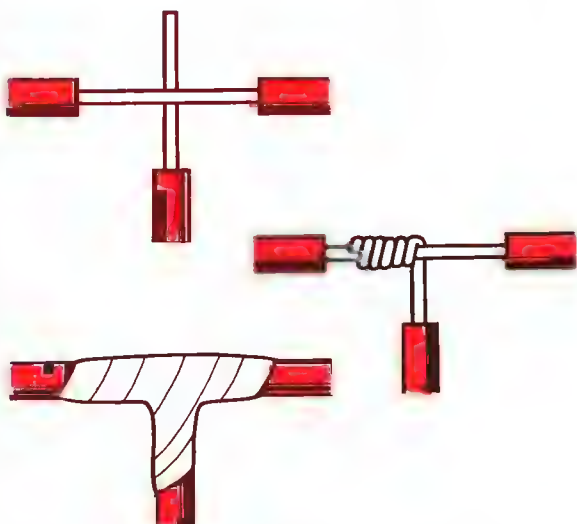
## DERIVACIONES

Para practicar un empalme en los puntos de donde arranca una derivación deberemos desnudar una porción del cable o hilo del que tomaremos la corriente.

Una vez al descubierto la zona del empalme, enrollaremos el extremo de la derivación a lo largo de esta zona desprovista de su cubierta aislante.

El vendaje aislante deberá cubrir todo el empalme.

Lo normal es que estas derivaciones puedan hacerse con las manos. Cuando el hilo se resiste a doblarse se utilizan los alicates.



## CONEXIONES

Las conexiones fijas que mantienen el contacto entre el extremo de un conductor y un borne de un aparato eléctrico acostumbran ser de uno de estos tres tipos:

### DE COLA:

Basta introducir el cabo a conectar por el taladro del borne y apretar fuertemente su tornillo.

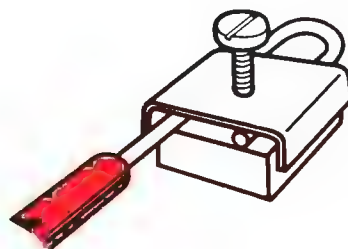
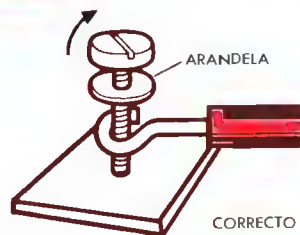
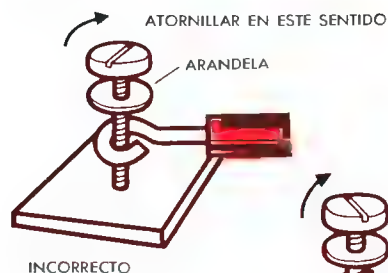
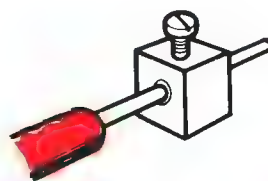
### DE OJAL:

Se practica el ojal en el extremo del cabo a conectar. Este ojal se coloca entre la base del borne y la arandela del tornillo, teniendo en cuenta que el sentido del giro del tornillo, al introducirse en la rosca, debe tender a cerrar el ojal del cabo.

### DE BRIDA:

Se practica un gancho en el extremo a conectar, introduciéndolo en la brida. El tornillo debe quedar centrado entre los dos tramos del gancho.

Como es natural, la facilidad para obtener los ojales y ganchos depende del grueso del hilo. Unos alicates de punta redonda facilitarán nuestra labor, aun tratándose de hilos delgados.

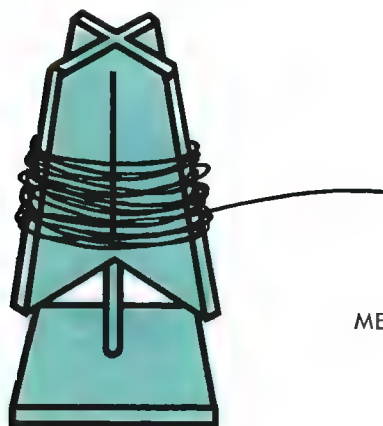
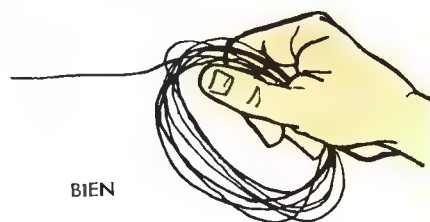


## COMO DESENROLLAR LOS CABLES E HILOS DE CONEXION

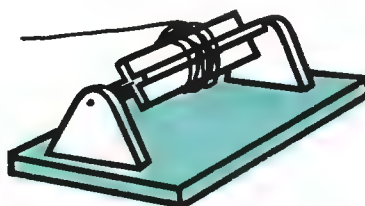
Los cables e hilos, cuando se adquieren en cantidad, se presentan en forma de rollos. De ellos deben sacarse los distintos tramos de conductor requeridos en la instalación; hacerlo sin unas ciertas precauciones da lugar a la formación de nudos y lazos que, al cerrarse bruscamente por tirones imprevistos, pueden seccionar el conductor o su cubierta aislante.

Como precaución básica, siempre que deba cortarse un tramo de conductor, se procurará fijar el extremo del rollo desenrollándolo mientras se mantienen todas sus vueltas sujetas con una mano.

Cuando se prevén muchas manipulaciones en un mismo rollo, resulta muy práctico disponer de un pequeño torno donde sujetarlo.



MEJOR



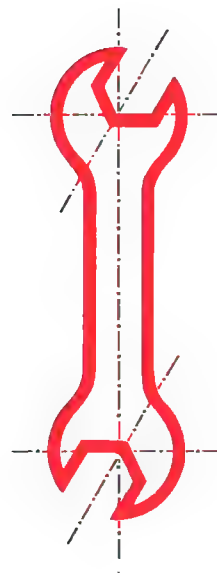
**Vea los gráficos donde se demuestran las formas correctas e incorrectas de manejar los hilos y cables de conexión.**

**APENDICE**

**1°**

# **TALLER MECANICO**

**Los trabajos de taller  
Trabajos sin arranque  
de viruta  
Idea fundamental  
de los trabajos  
sin arranque de viruta**



## **LECCION N° 1**



# Taller mecánico

¿Sorprendido?... Un poco, quizás, al encontrarse con un primer capítulo que trata de temas mecánicos. Usted, que ha iniciado un Curso de Electricidad, se preguntará qué papel representa la mecánica y por qué le forzamos al estudio de algo que nada tiene que ver con la electricidad. Si piensa así, deseché sus pensamientos porque son completamente falsos.

Estamos viviendo una época maravillosa. Usted, como nosotros, está incluido como una pieza



Toda máquina eléctrica contiene diversas piezas en cuya fabricación, montaje y reparación intervienen distintos trabajos de taller.

más en una humanidad que crea un mundo nuevo; y esta creación vale la pena vivirla. Estamos empeñados en la carrera del progreso, cuya meta es, ni más ni menos, que proporcionar la felicidad humanamente posible a los tres mil millones de hombres que pueblan nuestro mundo. Y esto sólo podemos conseguirlo haciendo realidad una frase que de tan oída y de tan escrita nos parece de un valor relativo: aumentar el nivel de vida de todos los hombres, cosa que sólo se conseguirá aumentando el caudal de energía disponible, porque sólo la máquina puede darnos más trabajo, más producción y, en consecuencia, más riqueza a todos.

Apareció la palabra máquina, ¿verdad?... Máquina, mecánica... ¿y la electricidad? La electricidad es una de las fuentes de energía que mueven estas máquinas indispensables al desarrollo humano. Para producir la electricidad necesaria al mundo, precisamos de máquinas capaces de conseguirlo; y para aprovechar la energía eléctrica por ellas producida, necesitamos otras máquinas.

La mecánica, cierto, no es electricidad; pero en un tanto por ciento muy elevado de casos, el aprovechamiento de la energía eléctrica depende de un ingenio mecánico. Usted debe estudiar máquinas eléctricas; esta necesidad no se le oculta ni al más lego en cuestiones electrotécnicas. Debe conocer estas máquinas, y en su vida profesional deberá proceder a determinadas reparaciones que le forzarán a estar en contacto con el mecánico. Para ello debe estudiar mecánica...





Quizás trabaja usted, o piensa trabajar, en una especialidad que no sea estrictamente mecánica. Estas lecciones no pretenden convertirle en un técnico mecánico; no es esto. Pero usted, ante un caso concreto, puede verse en la necesidad de discutir o aconsejar y no debe ignorar cuándo debe mecanizar el torno una pieza o cuándo puede obtenerse por estampación.

Tener ideas claras sobre las posibilidades y características de una determinada máquina herra-

mienta, y en general de los procesos mecánicos con que se consigne la fabricación más económica y técnicamente perfecta de las piezas que intervienen en cualquier ingenio industrial o doméstico, facilitista, sin duda, la solución de muchos problemas de los que no podemos desprendernos y que, en muchos casos, dan a terceras personas el grado de nuestra preparación e iniciativa.

El hecho de que tenga este libro en sus manos demuestra su interés por el tema. ¿Quizás espera de él que sea su introductor al conocimiento del taller mecánico...? No le defraudará.

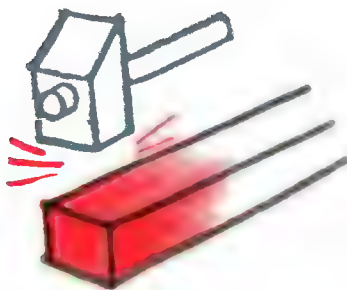
## LOS TRABAJOS DE TALLER

ENTENDEMOS POR TRABAJOS DE TALLER LAS OPERACIONES NECESARIAS PARA CONSEGUIR, PARTIENDO DE UNA MATERIA PRIMA, LA PIEZA PROYECTADA PARA FORMAR PARTE DE UN CONJUNTO O MÁQUINA.

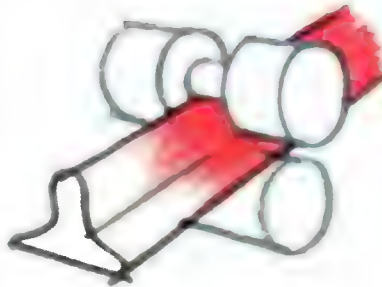
Podemos afirmar que cualquier pieza salida de un taller mecánico ha sido producido mediante una mecanización comprendida dentro de uno de estos dos tipos: un trabajo SIN ARRANQUE DE VIRUTA o un trabajo CON ARRANQUE DE VIRUTA.

De acuerdo con esta división, vamos a estudiar los trabajos de taller, estas operaciones a las que puede someterse un material para que de él surja la pieza deseada.

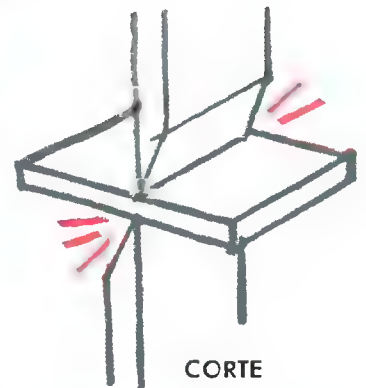
Estos trabajos son:



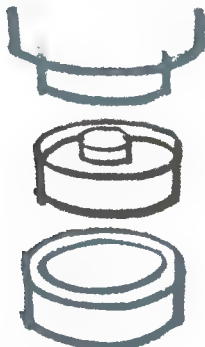
FORJA



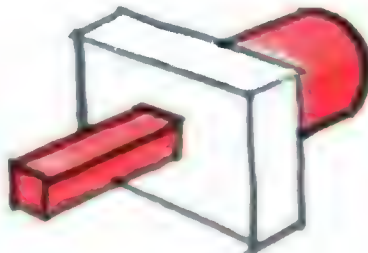
LAMINADO



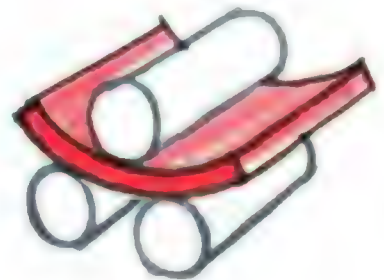
CORTE



ESTAMPADO



ESTIRADO



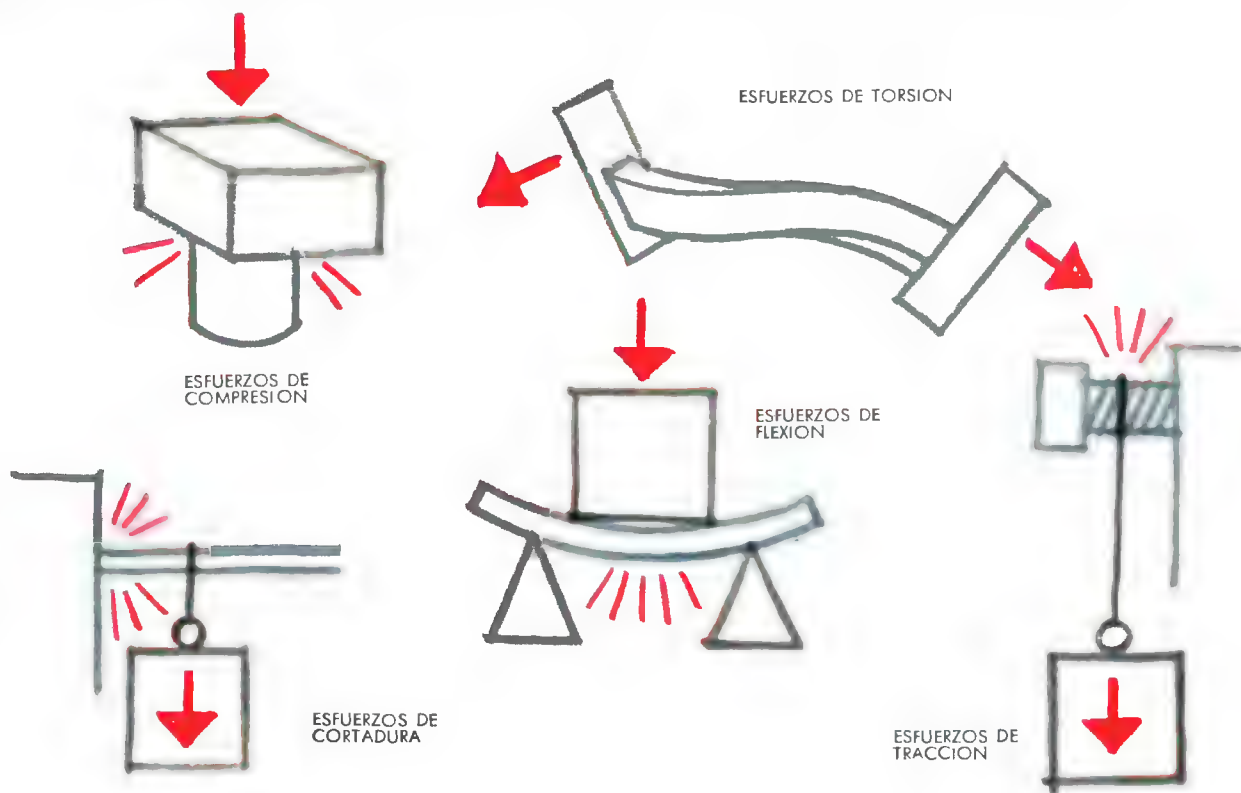
DOBLADO

Vamos a empezar el estudio de cada uno de los trabajos sin arranque de viruta que hemos citado; pero antes, y a modo de un pequeño paréntesis, deberemos tener una pequeña idea de los tipos de esfuerzos a que puede quedar sometido un material.

Todos sabemos que una cosa se deforma, o se rompe, cuando sobre ella actúa una fuerza. Un vaso se hace añicos cuando sobre él ha actuado la

fuerza de un golpe. Las patas de una silla pueden romperse si en ellas se sienta una persona de peso excesivo. Es fácil romper una caña, como es fácil alargar una tira de goma.

Pues bien: cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza determinada, afirmamos que este cuerpo queda sometido a un esfuerzo o varios a la vez que puede ser de uno de estos tipos:



## FORJA

Con estas ideas por delante, entremos en el taller mecánico y veamos cuáles son las características de los trabajos que en él pueden realizarse sin que se precise arranque de viruta.

LA FORJA ES UN TRABAJO DE TALLER MEDIANTE EL CUAL SE MODIFICA LA FORMA DE LOS MATERIALES APROVECHANDO ESFUERZOS DE COMPRESIÓN O DE TRACCIÓN.

Estas deformaciones son posibles gracias a dos cualidades de los metales llamadas MALEABILIDAD y DUCTILIDAD.

¿Qué quiere decir que un metal es maleable?... Quiere decir que este metal puede convertirse en láminas más o menos delgadas a fuerza de golpes.

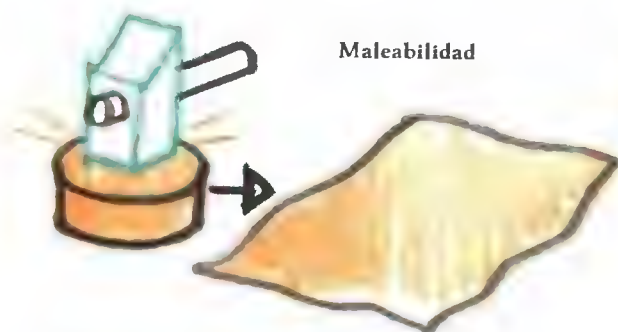
Naturalmente que cuanto más delgada pueda llegar a ser la lámina del metal, mayor será la maleabilidad del mismo. Por contra, cuando un metal, antes de llegar a convertirse en una chapa muy fina, se resquebraja, diremos que se trata de un metal poco maleable.

¿Ha oído hablar de los panes de oro?... Desde luego no se trata de un pan susceptible de acompañar un succulento embutido de cerdo, sino de esas delgadísimas planchas de oro que se emplean para dorar superficies. Estos panes de oro se obtienen gracias a que este metal es de los más maleables que se conocen.

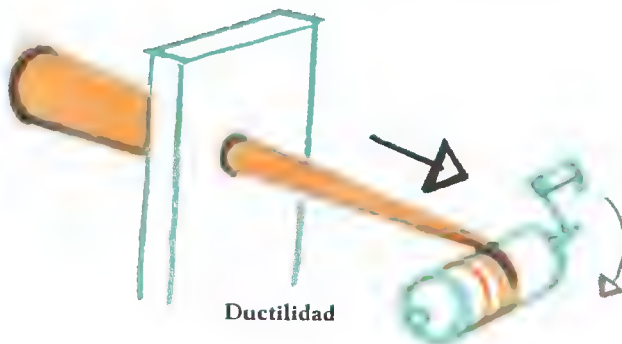


Y que un metal sea dúctil, ¿qué quiere decir?... Pues simplemente que este metal es capaz de convertirse en hilos más o menos finos mediante un proceso de estirado. Los electricistas aprovechamos en grado sumo esta propiedad de los metales; gracias a ella es posible contar con unos conductores de gran facilidad de manejo. Se da

la venturosa casualidad de que el cobre, que es un metal altamente conductor y de precio relativamente barato, es, además, uno de los metales más dúctiles que se conocen. Por ello es posible conseguir estos finísimos hilos de cobre que entrelazados en mayor o menos cantidad forman los cables de conducción que todos conocemos.



Maleabilidad



Ductilidad

## COMO SE FORJA

¿Quién no ha visto una fragua?... Por pequeña que sea una aldea, seguro que en ella encontramos una fragua. El herrero del pueblo acostumbra ser un profesional tan característico como pueda

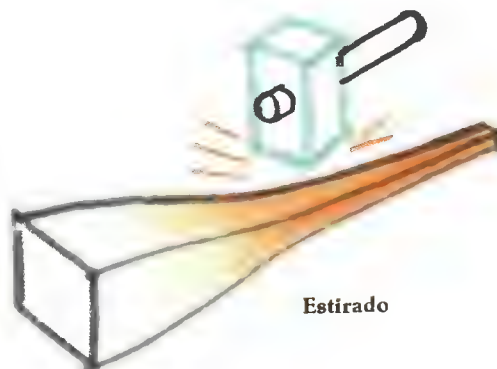
serlo el médico o el boticario. Este hombre apenas hace otra cosa que forjar metales (hierro casi siempre), para lo cual los introduce en el hogar de su fragua hasta que los tiene al rojo vivo. Mediante un enorme fuelle o por medio de un ventilador mecánico insufla aire en el hogar, con lo cual se aviva el fuego aumentando su poder calorífico. La forja es un arte conocidísimo desde muy antiguo. Gracias a él se han solucionado muchos problemas mecánicos a la par que se han conseguido piezas forjadas de indudable valor artístico.



serlo el médico o el boticario. Este hombre apenas hace otra cosa que forjar metales (hierro casi siempre), para lo cual los introduce en el hogar de su fragua hasta que los tiene al rojo vivo. Mediante un enorme fuelle o por medio de un ventilador mecánico insufla aire en el hogar, con lo cual se aviva el fuego aumentando su poder calorífico. La forja es un arte conocidísimo desde muy antiguo. Gracias a él se han solucionado muchos problemas mecánicos a la par que se han conseguido piezas forjadas de indudable valor artístico.

Hemos dicho que forjar quería decir deformar, hacer que una forma pase a ser otra, lo que en términos generales se consigue mediante distintas operaciones que tienen nombres muy característicos.

El *estirado* es la operación por la cual se alarga una pieza disminuyendo su sección. Su versión más simple consiste en golpear el metal calentado por medio de un mazo de base completamente plana para evitar que se melle el material. Esta operación se realiza colocando la pieza alternativamente de canto y plana, golpeando mientras mantiene la temperatura necesaria para conservar la blandura que permite su deformación sin un esfuerzo exagerado. En cada *calda* (calentamiento) es posible conseguir un estirado de tres a seis veces la longitud inicial. Depende, claro, del tipo de material forjado.



Estirado



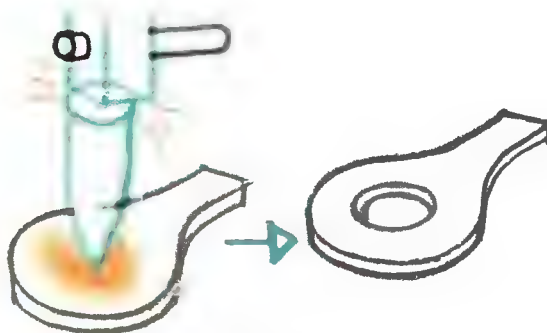
El **RECALCADO** es la operación inversa a la anterior. Ahora la pieza se golpea en sentido longitudinal (de punta podríamos decir) a fin de conseguir un aumento de sección a la vez que disminuimos su longitud. Esta operación es de las más delicadas dentro de un proceso de forja, ya



**Recalcado**

que sin un gran dominio del oficio el metal puede rajarse con mucha facilidad.

El **MANDRILADO** es la operación mediante la cual se practican agujeros en los metales, con lo que es posible conseguir piezas con espacios vacíos. La operación se practica con un punzón cónico llamado mandril.



**Mandrilado**

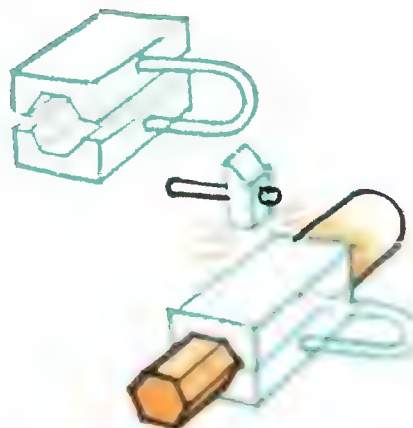
Hemos referido a piezas pequeñas todas estas operaciones, pero también en grandes piezas es posible efectuarlas. La diferencia —gran diferencia— está en que para piezas grandes ya no es posible una operación manual. En estos casos se emplean martillos y prensas mecánicas cuya potencia llega a ser enorme.

La forja normal tiene grandes posibilidades, es cierto; pero considerada en su aspecto clásico, es siempre un proceso lento y por lo mismo muy caro. Esto ha motivado que, dentro de las características técnicas generales de un proceso de forja, hayan aparecido nuevos sistemas que vienen a solucionar casos concretos. Por ejemplo: el caso de una producción de gran número de piezas iguales. A mayor producción en menos tiempo corresponde una disminución en el precio, y pensando en ello debemos conocer diversos procedimientos de forja. Vamos a citarlos:

## **ESTAMPADO**

Cuando por forja deben obtenerse perfiles regulares (circulares, hexagonales, cuadrados, etc.), se utilizan unos moldes de acero duro llamados **ESTAMPAS**. El metal a forjar, al quedar aprisionado entre las dos piezas de la estampa y verse sometido a un gran esfuerzo de compresión, se repartirá por todos los rincones (si los hubiese) ocupando todo el espacio libre dejado por el molde.

Un ejemplo típico de estampado es el acuñado de moneda.



**PIEZA ESTAMPADA**

**ESTAMPA**

## EMBUTIDO

Es un procedimiento de forja que podemos considerar derivado del de estampa.

El embutido es el procedimiento de forja por el cual se consiguen piezas cóncavas partiendo de chapas de metal. Estas chapas quedan aprisionadas entre un molde y un contramolde accionados por medio de una prensa.

Ejemplos característicos de piezas embutidas son las carrocerías de los coches, los fondos de caldera, recipientes en general, pequeño material eléctrico... En el caso de piezas pequeñas la máquina embutidora recorta los límites de la pieza a la vez que deforma la plancha de metal. Con un solo golpe de máquina, la pieza queda lista, sin necesidad de ulteriores mecanizaciones. De ahí que este tipo de piezas puedan resultar realmente económicas. Su producción es rapidísima.

Esta es una prensa excéntrica de 150 Tn. apta para trabajos de embutición.

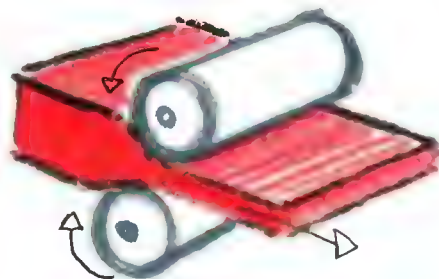


## LAMINADO

Es otro sistema especial de forja consistente en deformar un material haciéndolo pasar entre dos o más rodillos dotados de un movimiento de rotación con el cual arrastran el metal, al mismo tiempo que lo comprimen. Estos juegos de cilindros

se acoplan en una misma máquina formando los llamados TRENES DE LAMINACIÓN, soportados por dos columnas y accionados por uno o más motores a través de un juego de engranajes.

Los trenes de laminación pueden actuar en caliente o en frío, según sea o no necesario calentar el metal para darle mayor ductilidad. Cuando se trata de laminar chapas finas, generalmente no es necesario calentar el metal.



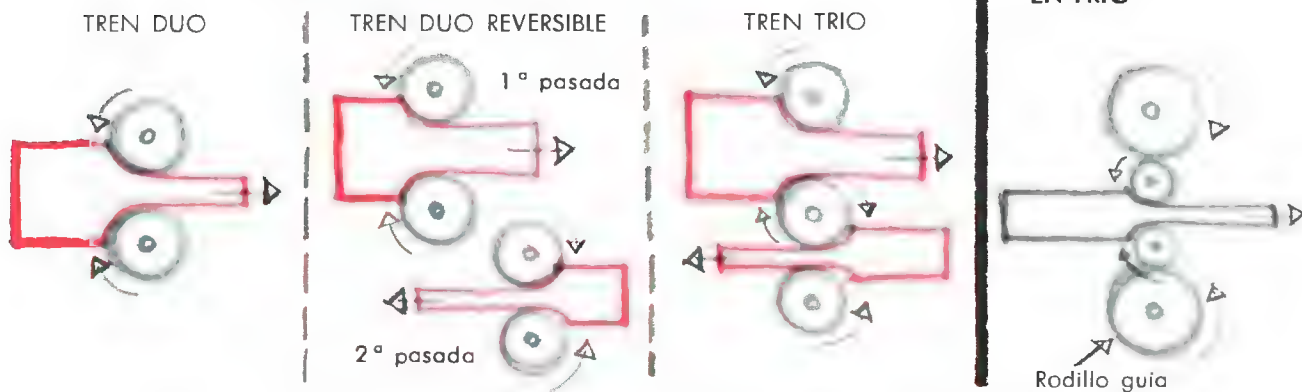
La ilustración de la izquierda representa un gran tren de laminado. El esquema simboliza la acción laminadora de un tren dúo.

LOS TRENES DE LAMINACIÓN EN CALIENTE se clasifican de acuerdo con el número de cilindros laminadores de que están compuestos. Así, se habla de TRENES DÚO (dos cilindros), de TRENES DOBLE DÚO (cuatro cilindros), de TRENES DÚO REVERSIBLES (dos pasadas en sentido contrario por los mismos cilindros). Se habla también de TRENES TRÍO (son

de tres cilindros), como de TRENES CUARTA, de seis cilindros, etc.

LOS TRENES DE LAMINACIÓN EN CALIENTE, por lo general, tienen todos los cilindros del mismo diámetro, y cuando se trata de trenes de laminado para grandes piezas llevan un dispositivo en forma de estante ascensor que permite subir y bajar la pieza que se desea laminar.

### TRENES DE LAMINADO EN CALIENTE

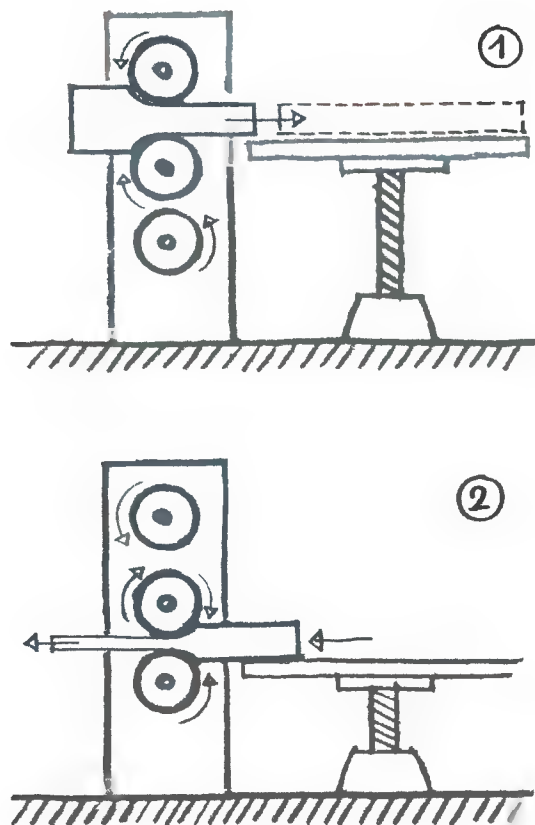


Los trenes de laminación en frío tienen los rodillos de trabajo más pequeños que los de laminación en caliente, pero quedan apoyados en otros rodillos de mayor tamaño, llamados rodillos guía, que permiten a los de trabajo soportar los grandes esfuerzos que implica una laminación en frío.

Pero lo realmente interesante para nosotros es saber los productos más característicos sacados al mercado a través de un proceso de laminación. Estos productos son los que se conocen con el nombre genérico de perfiles laminados, empleados de muy diversos modos en la industria moderna y en la construcción. Tenga una idea de los perfiles laminados más empleados para que cuando en una máquina se encuentre con alguno de ellos sepa en seguida de qué se trata: de un perfil laminado que se encuentra en el mercado en distintos tamaños según las necesidades de resistencia. Porque, eso también es importante saberlo, las medidas de los perfiles laminados, están normalizadas. Eso quiere decir que se han estudiado aquellas medidas del perfil que responden para el mayor número de casos que pueden presentarse en cualquier proyecto.

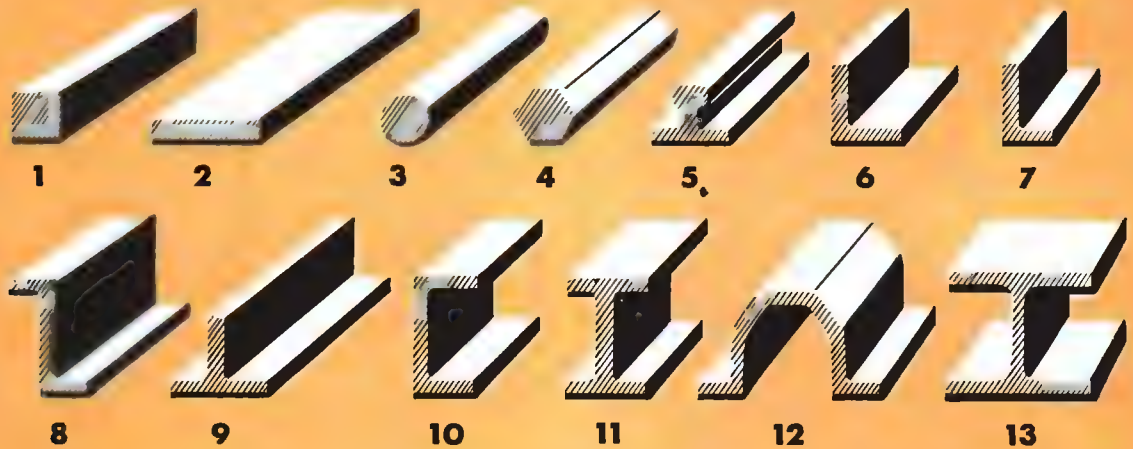
Esquema 1.— Primera pasada en un tren trio.

Esquema 2.— Segunda pasada.





Vea, pues, un pequeño muestrario de perfiles Laminados. De estos perfiles los numerados con el 6, 10 y 11 son los más aplicados. Se les denominan con las siglas LPN, CPN e IPN. Las iniciales PN significan Perfil Normal.



### MUESTRARIOS DE PERFILES LAMINADOS

#### DENOMINACION:

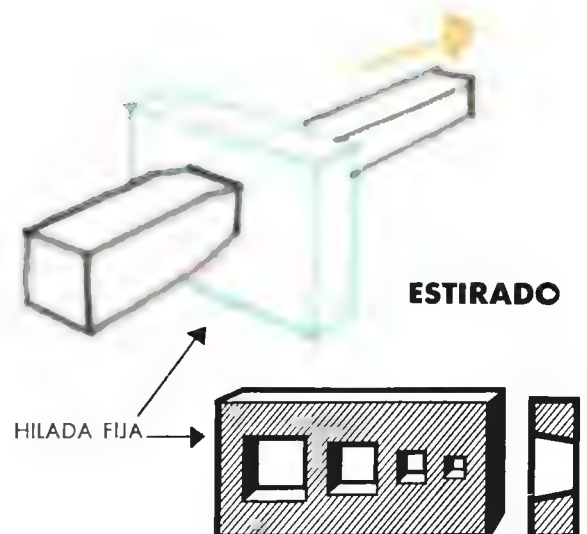
1. Cuadrado - 2. Pletina - 3. Redondo - 4. Exágono - 5. Carril - 6. Angulo de lados iguales (LPN) - 7. Angulo de lados desiguales - 8. Hierro Z - 9. Hierro T (TPN) - 10. Hierro U (CPN) - 11. Hierro doble T (IPN) - 12. Hierro Zores - 13. Vigueta Grey.

#### ESTIRADO

Este proceso especial de forja consiste en convertir una barra de metal en otra de distinta sección al hacerla pasar a través de un orificio cuya forma es la de la sección final deseada. Las piezas que contienen los taladros por los que debe pasar la barra a estirar reciben el nombre de HILERAS.

Cuando la sección es de pequeño diámetro y circular, el estirado recibe el nombre especial de TREFILADO.

Las hileras tienen varios taladros de tamaño decreciente al objeto de que el estirado sea progresivo. Como es de suponer, el proceso no se efectúa de una sola vez, sino a base de varios estirados sucesivos. Los orificios, a fin de facilitar el paso de la barra, tienen una sección ligeramente cónica.





## CORTE \*

El corte tiene por objeto la división de una pieza en dos o más partes. El corte es, en esencia, lo mismo que hacemos cuando con unas tijeras cortamos un trozo de cartón. Esta operación siempre se realiza en frío; en los casos más sencillos se usan tijeras manuales. En hojalatería y en pequeños talleres de reparación es el sistema más empleado para todo trabajo de corte.

El corte de chapas gruesas se realiza con la *cizalla*; y cuando es preciso cortar flejes, llantas y perfiles laminados en general se utiliza la tijera mecánica equipada con cuchillas especiales para cada caso.

Vea el esquema. Una cizalla por grande que sea su tamaño y potencia, actúa siempre por el mismo principio de las tijeras:

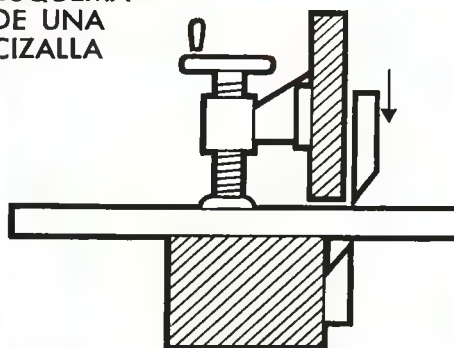


Fotografía de una cizalla de gran potencia. Compare su tamaño con el de las figuras humanas que aparecen junto a ella.



TIJERA MANUAL

ESQUEMA  
DE UNA  
CIZALLA



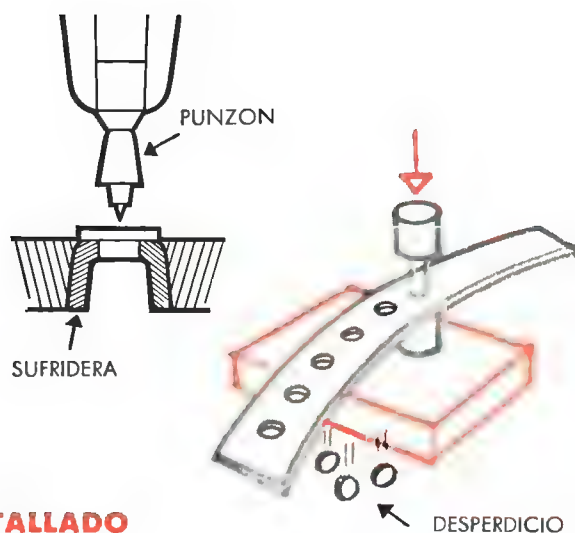
\* Dentro de la operación del corte podemos incluir otros trabajos que teniendo las mismas características técnicas conducen a resultados muy específicos. Estas operaciones son el punzonado, el entallado y el troquelado.

## PUNZONADO

Las máquinas punzonadoras actúan a modo de una cortadora capaz de producir cortes circulares. Su misión es, como se supone, conseguir taladros en perfiles, chapas, láminas, etc., por los que puedan introducirse los tornillos o remaches de sujeción con otras piezas.

Las piezas esenciales de las máquinas punzonadoras son el *punzón* y la *sufridera*, ambos intercambiables para la obtención de taladros de mayor o menor tamaño.

Un detalle a tener en cuenta es el siguiente: Que no pueden practicarse taladros cuyo diámetro resulte ser igual al grueso de la plancha a punzonar.



## ENTALLADO

Es una variante del procedimiento anterior, puesto que en realidad no se trata de otra cosa que de un punzonado practicado no para obtener taladros circulares, sino muescas y entallas en chapas y perfiles laminados que lo requieran para el montaje de la estructura o máquina que se haya proyectado.

La máquina con que se practica la operación del entallado recibe el nombre familiar de *sacabocados*, que por cierto es de por sí una definición muy descriptiva de su misión. Ante cualquier pieza entallada se tiene la impresión de que ha sido mordida, semicomida a bocados.

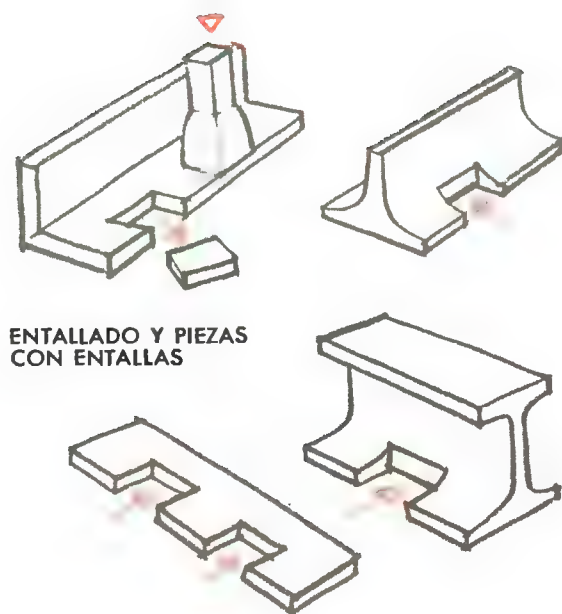
## TROQUELADO

A medida que la mecanización de la industria ha ido aumentando, ha ocurrido que piezas que en un principio se empleaban en número relativamente reducido, ahora se necesitan por cientos o por miles. Ello ha llevado a una necesidad: aumentar el ritmo de su producción a la vez que se reducía su precio. Uno de los procedimientos que permiten este ideal es el troquelado, que consiste en la obtención de piezas por medio de unas prensas excéntricas a las que se acoplan unos moldes especiales llamados *troqueles*, de los que se precisarán uno o más para una misma pieza. Hay piezas susceptibles de hacerse con un solo troquel, pero otras necesitan dos o más de ellos.

Un troquel puede alcanzar un elevadísimo precio, pero esta circunstancia queda compensada por la cantidad y rapidez de fabricación..

Vea a continuación un pequeño muestrario de piezas obtenidas por troquelado, todas ellas de constante aplicación en máquinas eléctricas.

Las piezas que representamos al margen son piezas troqueladas sobre chapa magnética de aplicación en motores y transformadores.



ENTALLADO Y PIEZAS CON ENTALLAS

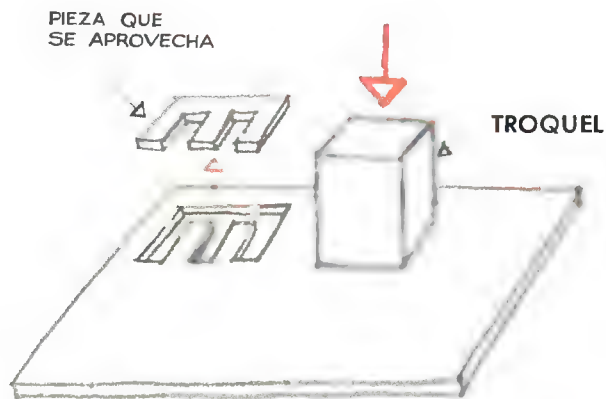


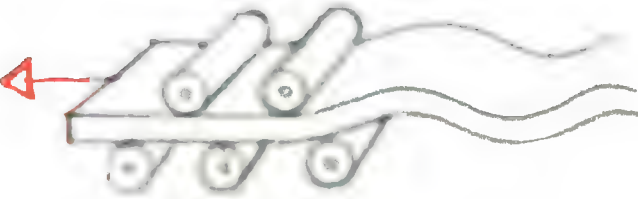
Gráfico demostrativo de una operación de troquelado



## DOBLADO

Su mismo nombre indica la naturaleza de este proceso de forja: consiste en doblar piezas y planchas para hacerles adoptar nuevas formas. Dentro de la especialidad del doblado podemos incluir distintos matices.

El APLANADO, que no es otra cosa que devolver la condición de superficie plana a las que por cualquier circunstancia se hayan deformado. Eso se consigue haciendo pasar la plancha defectuosa por una máquina llamada planeadora que corrije y alisa su superficie.



Esquema del proceso de enderezado de una chapa.

El ENDEREZADO se aplica a perfiles laminados que durante el proceso de laminación o bien durante su transporte de un lugar a otro hayan perdido su rectitud.

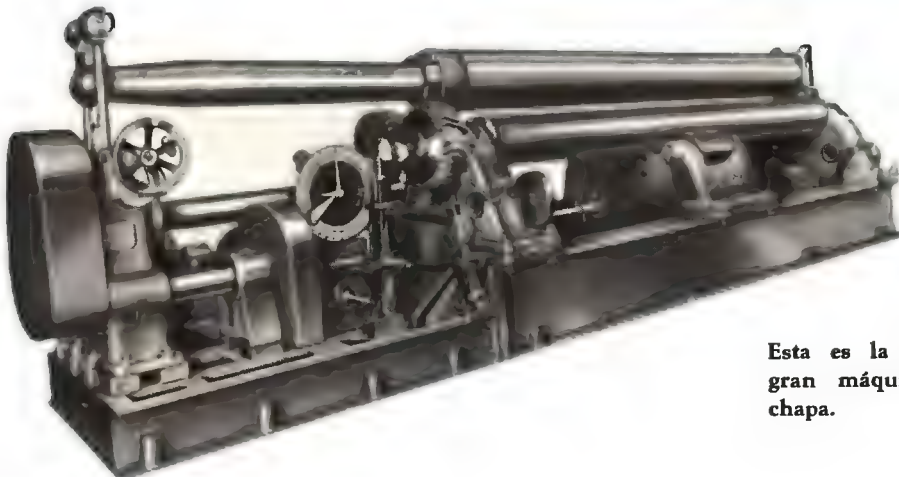


Esquema del proceso de curvado de una chapa.

El CURVADO es un procedimiento destinado a obtener superficies curvas en máquinas provistas de un juego de rodillos de diámetro adecuado, según el grado de curvatura que se desee obtener.



Fotografía de una máquina enderezadora para perfiles laminados. En ella se aprecia claramente el émbolo que percutiendo sobre el perfil consigue enderezarlo.



Esta es la fotografía de una gran máquina curvadora de chapa.



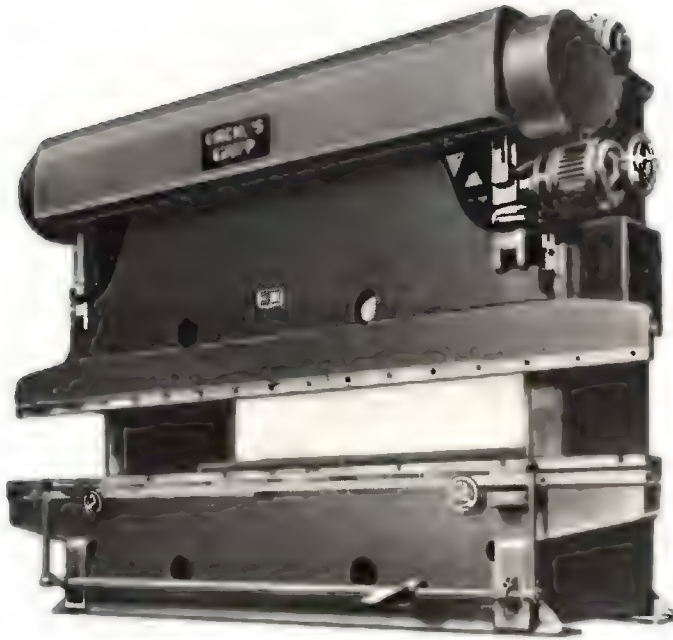
El PLEGADO tiene por objeto obtener dobleces y perfiles varios a partir de una chapa de metal. Las plegadoras son máquinas similares a las cizallas, con la diferencia de que las cuchillas han sido sustituidas por un punzón calculado para el plegado que se desea obtener y una sufridera que ajusta con el punzón.

Esta operación se realiza casi siempre en frío, excepto cuando se trata de doblar chapas de con-

siderable espesor, en cuyo caso se hace en caliente para evitar que el metal se agriete.

Son varios los perfiles obtenidos por plegado y que tienen aplicación en aparatos eléctricos. Gran parte de soportes en los que se aplican tubos fluorescentes o aparatos de medida se obtienen por un proceso de plegado.

También los plafones de armarios y pupitres de maniobra acostumbran a ser chapas deformadas por una máquina plegadora.



Máquina plegadora y algunos de los plegados que pueden obtenerse con ella.

Estos son los trabajos de taller sin arranque de viruta. Se trata de procesos técnicamente sencillos (aunque algunas veces requieran máquinas herramientas verdaderamente complicadas), que se pueden sintetizar con facilidad. Es lo que hemos hecho: darle una idea general, una síntesis de las posibilidades de estos trabajos de taller. En sucesivas lecciones veremos los distintos trabajos que requieren arranque de viruta.

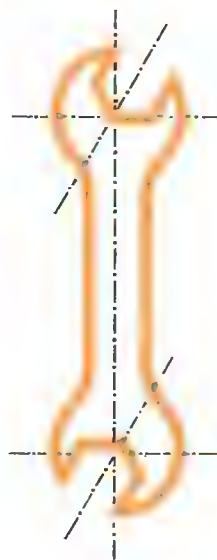




# TALLER MECANICO

**Trabajos de taller  
con arranque de viruta**

**Trabajos a cincel,  
rasquete y lima**



## LECCION N<sup>o</sup> 2

En esta segunda lección le sabemos más familiarizado con nuestro Taller Mecánico. En la anterior usted ha tenido ocasión de comprobar cómo la materia, a partir de una fase primaria, adquiriría el aspecto reconocible, a menudo definitivo, con que se presenta en el mercado.

En efecto, así es. La materia, que por ley natural se presenta sin una forma aprovechable, es el punto de partida para la obtención de piezas

útiles. La materia debe someterse a un proceso de mecanización por medio de las MÁQUINAS HERRAMIENTAS para que, a través de aquél, pueda alcanzar una función inmediata para el hombre.

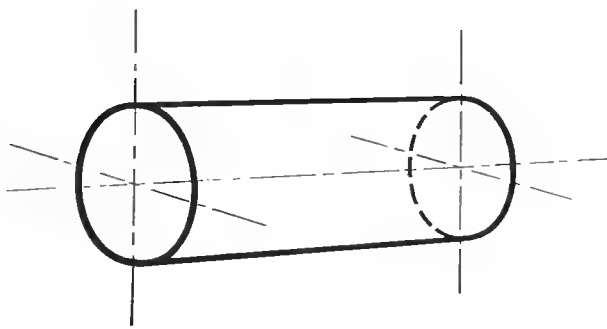
Para ello hay que modelarla de forma adecuada de modo que, uniendo una pieza con otra, acoplando ésta con aquélla, adaptando infinitas funciones a distintos órganos, se alcance el milagro técnico que el mundo moderno necesita.



## TRABAJOS CON ARRANQUE DE VIRUTA - CINCEL - RASQUETE - LIMA

En todo taller se dispone de un instrumental complejo compuesto de MÁQUINAS Y UTENSILIOS que puede ser empleado según diversos procedimientos de acuerdo con la forma que se quiera obtener o el proceso mecánico que tenga que desarrollarse para obtenerla. Así ha sido apreciado por usted en la Lección 1.<sup>a</sup> de TALLER MECÁNICO observando la naturaleza de los trabajos SIN ARRANQUE DE VIRUTA, desde las primitivas operaciones de forja hasta el

plegado, que permite obtener dobleces y perfiles distintos a partir de una chapa metálica. Ahora conocerá los trabajos CON ARRANQUE DE VIRUTA que ya le anunciamos en la primera lección, los cuales, en muchas ocasiones, son complementarios de los realizados sin arranque. Después de una operación *sin arranque*, sigue la mecanización de la pieza por medio de un trabajo *con arranque* que da la forma definitiva a la materia tratada.

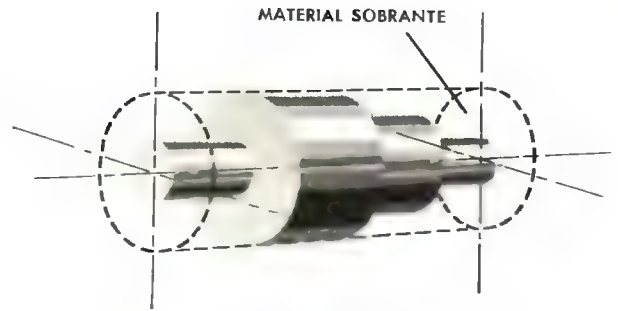


FORMA PRIMITIVA

Así podremos observar que se utiliza un *cortafío* para dejar libre de irregularidades el borde de una pieza ya tratada o un *taladro* para agrandar un agujero cuyo origen ha sido realizado por una máquina punzonadora.

Existe una denominación general de MÁQUINAS HERRAMIENTAS para todas aquellas destinadas a un proceso de mecanización y en este apartado tienen cabida las máquinas que intervienen en los trabajos CON ARRANQUE DE VIRUTA. Pero a pesar de su existencia el operario tiene que buscar con frecuencia la colaboración de distintos utensilios manuales que conocemos con el nombre genérico de HERRAMIENTAS, de las que también nos ocuparemos.

Los trabajos CON ARRANQUE DE VIRUTA son, por los variados matices que ofrecen, los que estudiaremos en el transcurso de estas lecciones. Como indica su definición tienen por finalidad variar la forma de un cuerpo arrancando del mismo el ma-



FORMA FINAL

terial sobrante; la viruta. Algo muy parecido en esencia a lo que consigue el escultor tallista cuando busca en la materia —madera en este caso— la forma definitiva de una imagen. Sólo que nosotros manipulamos metales —materias más difíciles de trabajar— y pretendemos formas distintas con finalidad funcional y no estética: piezas determinadas, más o menos simples en su forma.

Según las formas a obtener o el mecanizado a efectuar se adopta distinto procedimiento.

Esta lección servirá para ambientarle. Le interesa adquirir desde el principio una clara visión de los trabajos CON ARRANQUE DE VIRUTA que, luego, en lecciones sucesivas, iremos descubriendo con detalle.

A continuación pasaremos a describirle de un modo general las particularidades más representativas.

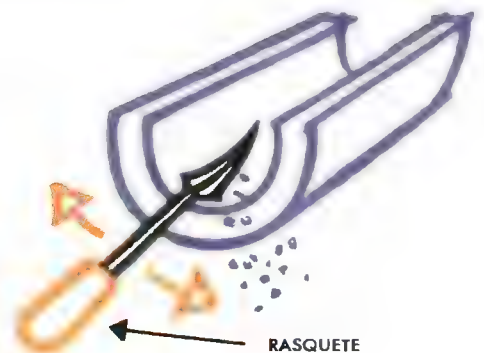
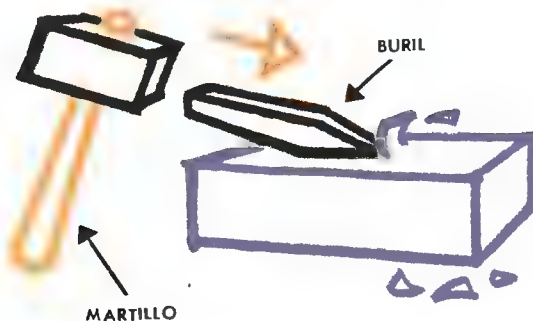
## TRABAJOS A CINCEL Y RASQUETE

Se recurre a este procedimiento para desbastar las superficies en general, librándolas de sinuosidades y para eliminar las irregularidades de los bordes en las piezas afectadas.

Para conseguirlo nos valemos del *buril* o *cortafío* (suele llamarse *cortafío* cuando la arista de corte es ancha, y *buril*, cuando es estrecha). Si a la operación añadimos la colaboración de un martillo de mecánico, ya estaremos dispuestos para

proceder a despojar de tosquedades la materia a tratar.

Si hay que conseguir un trabajo más sutil, eso es: para obtener superficies lisas, ya sea porque deben eliminarse las estrías finas que puede dejar la lima, el cepillo o la acción de la fresadora, el único instrumento que debe utilizarse es el *RASCADOR* o *RASQUETE*. Existen varios modelos, de acuerdo con las superficies a tratar.



## TRABAJOS A LIMA

A menudo, las superficies desbastadas con buiril o con máquina, así como las piezas procedentes de forja u obtenidas por moldeo, presentan aspectos que por su naturaleza no permiten el acabado mecánico. Para efectuar la pulimentación se recurre en estos casos a la lima, de la que también existen profusión de variedades.

## ESMERILADO Y PULIDO

¿Quién no conoce una muela, esta máquina rotativa cuyos discos de material abrasivo tienen la virtud de desgastar por frotamiento las materias sometidas a su acción?

Los mencionados discos son los que reciben propiamente el nombre de muelas. Su misión es la de pulir y afilar piezas diversas, así como rebajar pequeñas superficies.

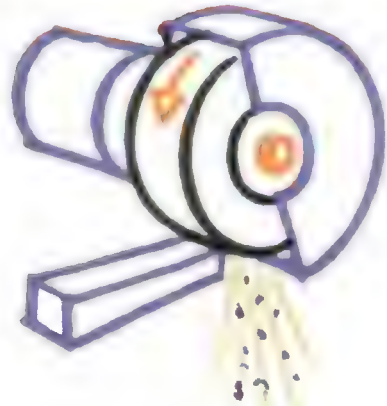
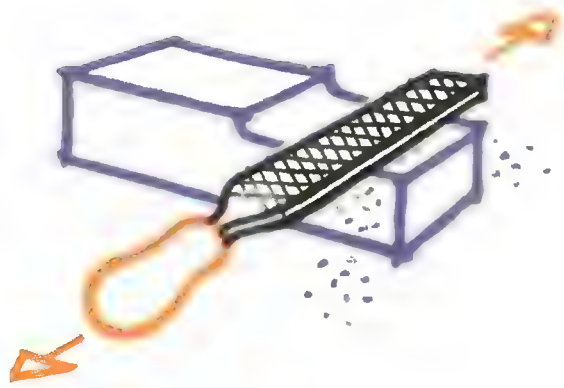
En el amolado hay que cuidar que el acero a afilar no se caliente con exceso, pues en este caso pierde su temple y se estropea.

## ASERRADO

Quando debe cortarse el material y, además, conseguir un corte con superficies *limpias*, se recurre a la acción de una sierra.

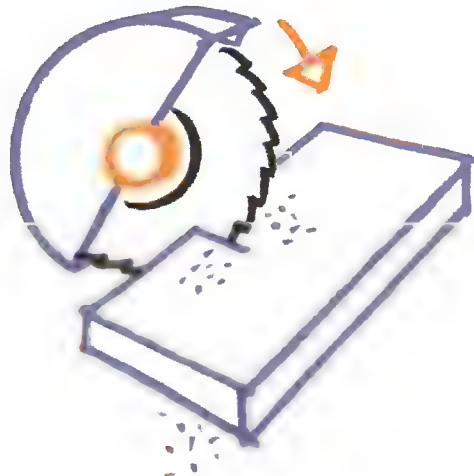
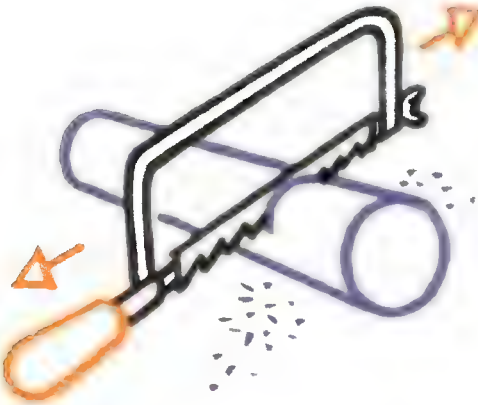
El aserrado nos permite manipular grandes masas de material con reducidísimas pérdidas.

La operación puede ser manual o a máquina,

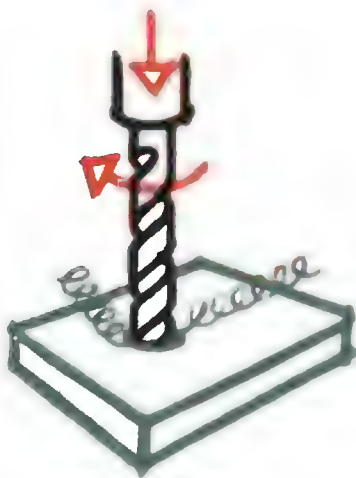


pero en ambos casos el elemento más importante es la cinta o disco de acero con dientes agudos y triscados.

El triscado de la cinta o disco —el torcido alternado de sus dientes— se ha obtenido con frecuencia dando una ondulación a la hoja.



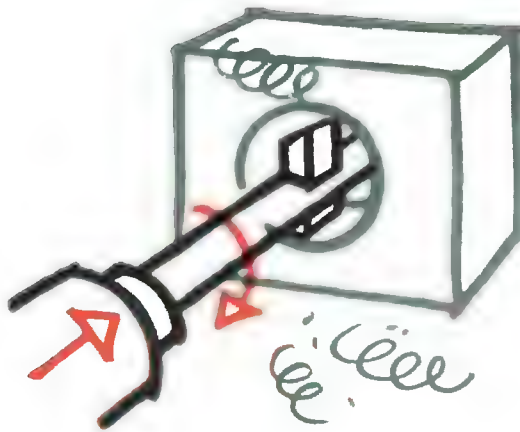




## TALADRO

Cuando es preciso abrir un agujero en una pieza o ampliar uno que se haya practicado con anterioridad, nos valemos del *taladro*. La herramienta característica es la broca, animada por un movimiento de rotación y otro de penetración según el eje.

Las operaciones de perforación se realizan a



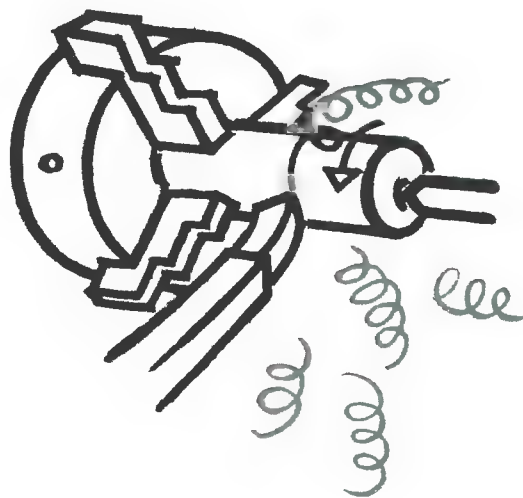
mano o con la máquina conocida vulgarmente por TALADRO.

La operación del taladro facilita distintas operaciones del mandrilado, del que hablamos en la lección primera. Asimismo se derivan de él los trabajos del TALADRO-RADIAL, máquina herramienta de gran utilidad y múltiples aplicaciones.

## TORNEADO

El torno es, quizás, la máquina herramienta más popular de las que intervienen en el taller mecánico. Quien más, quien menos, todo el mundo tiene idea de lo que es y para qué sirve. Con el torno obtenemos piezas de revolución de formas muy diversas, que conseguimos al arrancar las virutas —vea esquema— mediante la acción de una pieza cortante aplicada sobre el material a tratar al cual se le imprime un movimiento de rotación según su futuro eje de simetría. La pieza cortante puede desplazarse paralela y transversalmente al eje de la pieza a mecanizar.

Gracias al torno disponemos de piezas de diversas características como son roscas, ranurados helicoidales, taladros profundos, etc. Existen infinidad de tornos que se adaptan a las más diversas necesidades. En cierto modo es la máquina más útil por la diversidad de soluciones que ofrece.



## FRESADO

Una fresadora proporciona superficies planas y curvas, entalladuras, ranuras y distintas clases de dentados.

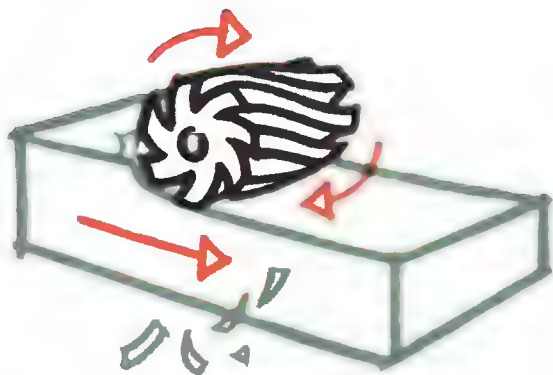
La herramienta útil, llamada fresa, es una pieza delicada y costosa que actúa como una sierra

circular. Se le da la forma deseada y se fija sólidamente a un árbol (eje) horizontal, vertical o inclinado de la máquina fresadora. Presenta una serie de aristas cortantes a manera de dientes o cuchillas que actúan cada una como un buril simple,

en las mismas condiciones y con las mismas ventajas. Mediante un movimiento de rotación penetra en el material.

A pesar de que las actuales necesidades de pie-

zas en serie se resuelven con máquinas especiales, frecuentemente se realizan trabajos con la fresadora, a pesar de que en este caso el proceso es más lento.



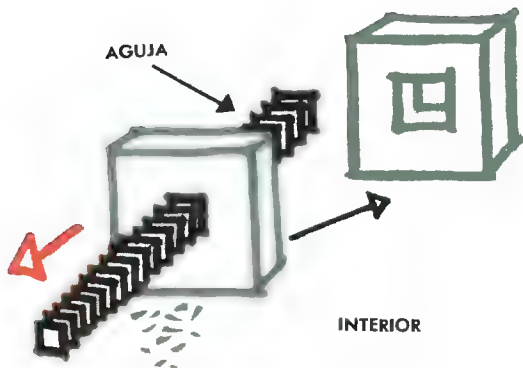
## CEPILLADO

No sólo mediante el fresado podemos obtener superficies planas. Gracias al movimiento rectilíneo de una herramienta podemos conseguir los mismos resultados de forma más amplia. Esta operación recibe el nombre de CEPILLADO, y CEPILLADORAS son las máquinas encargadas de la operación. La más común y que se utiliza siempre que la superficie a cepillar sea corta, recibe el nombre de LIMADORA.

## BROCHADO

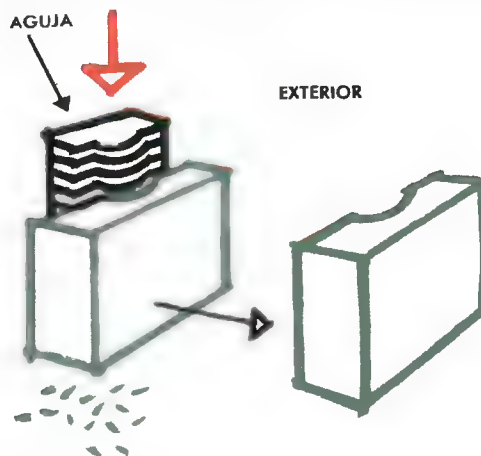
Es una operación destinada a obtener taladro y hendiduras de forma diversa mediante la máquina brochadora.

Cuando esta operación se destina a obtener agujeros de perfiles diversos las conocemos con el nombre de *brochado interior*. Si interesan formas



de distinta variedad en superficies exteriores nos hallamos ante el *brochado exterior*.

En determinados casos y gracias a su rapidez suplente al fresado. Sin embargo, debido al elevado coste de las *agujas*, el brochado se reserva casi exclusivamente a la realización de grandes series.



## TRABAJOS ESPECIALES

En cualquier proceso de fabricación el aspecto más importante es el económico, entendiendo por económico el que nos proporciona la máxima calidad en el menor tiempo posible. Aprovecharemos este apartado para demostrar en lecciones sucesivas cómo se obtienen, de una forma rápida y automática, procesos de fabricación más racionales mediante ingeniosas combinaciones que evitan la utilización de diversas máquinas, y la consiguiente pérdida de tiempo y energías.

Deberemos estudiar varias máquinas herramientas que a pesar de hallarse fundamentadas en los

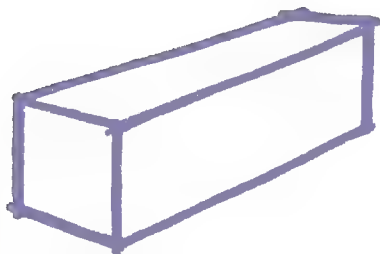
tipos anteriormente señalados han sido preparadas para efectuar un trabajo específico, aplicado concretamente a la fabricación en serie. Entre aquellas consideramos las máquinas de cortar engranajes, máquinas de roscar, tornos de revólver especiales, etc.

Hasta aquí, nuestra visión de conjunto de los trabajos de taller. Veamos ahora con un poco de detalle las dos operaciones más simples de entre las que exigen un desperdicio de material; es decir: de los trabajos con arranque de viruta.

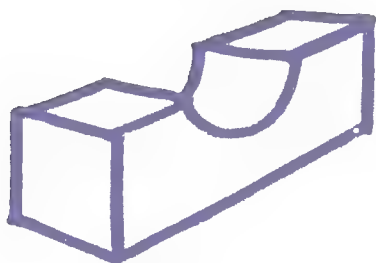
## TRABAJOS A CINCEL, RASQUETE Y LIMA TRABAJOS A CINCEL

Los trabajos a cincel (cortafrió) se hallan en la actualidad prácticamente fuera de uso. Su función consiste en desbastar superficies que posteriormente deberán ser pulidas.

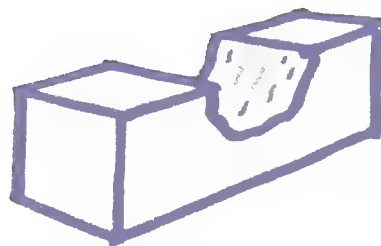
Para situarse imagine que tiene un bloque de hierro como el que representa esta figura:



Del mismo hay que obtener una forma determinada. Por ejemplo:



¿Cómo proceder? Es fácil observar que si empleáramos una lima nuestra tarea sería interminable y agotadora. Hay que persuadirse de que, en este caso, la acción más apropiada es un desbastado a cincel:



Simplemente: arrancar a golpes de martillo, mediante un buril o cortafrió, la porción de material suficiente para que posteriormente resulte más hacedero el pulido a lima.

Seguramente habrá observado que lo expuesto se contradice con lo que hemos apuntado al principio. Antes decíamos que el buril o cortafrió ha caído en desuso —las causas son la profusión de máquinas herramientas más rápidas y más seguras que ahorran tiempo y... fatiga—; sin embargo, el buril sigue utilizándose para trabajos de menor importancia y, particularmente, en aquellas ocasiones en las que no cabe la posibilidad de utilizar máquina alguna.

## MARTILLO

Tenga presente que en los trabajos a cincel se utilizan dos únicas herramientas: el martillo y el buril o cincel.

Aunque no vamos a describirle el martillo, le informaremos de los dos tipos más frecuentes: el de *bola* y el de *pico*.

Son de acero templado de no excesiva dureza y se clasifican por su peso, siendo los más comunes los de:

300, 400, 470, 625, 800 y 1.000 gramos

Para los materiales blandos que exigen ser tratados con suavidad se utilizan martillos con piezas acopladas de menor dureza. Dichas piezas pueden ser de plomo, caucho y también de materias plásticas.

## BURIL O CORTAFRÍO

En cuanto al buril o cortafrió es una especie de escarpia de acero templado con una arista afilada capaz de producir el arranque de viruta.

Los hay de diversas formas, adaptadas al trabajo a que se destinan.

Una vez en acción, el cincel actúa en el sentido de arranque de la viruta y la presión de ésta mantiene la herramienta sobre la pieza a tratar. El golpe de martillo tiene que vencer la resistencia del material al arranque y el roce de la herramienta contra la superficie. El contacto disminuye considerablemente si se acomete la operación con el borde delantero y se mantiene el buril o cortafrió con una inclinación de  $3^\circ$  a  $4^\circ$  respecto a la superficie.

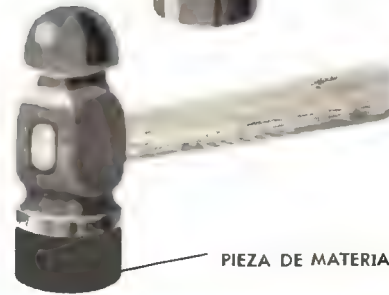
En la actualidad se procede al cincelado en la eliminación de *rebabas* de corte, acabado de soldaduras, corte de materiales finos y cincelado artístico, con preferencia a las acciones de desbaste.



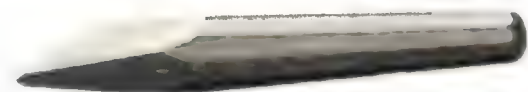
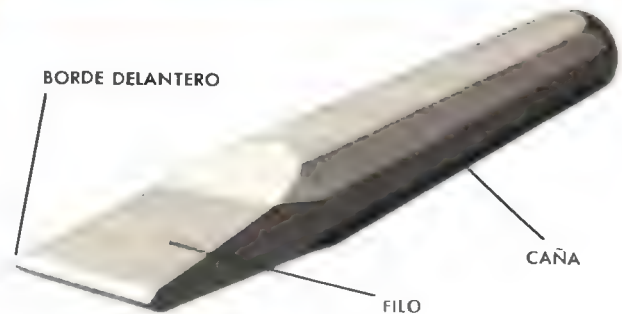
DE BOLA



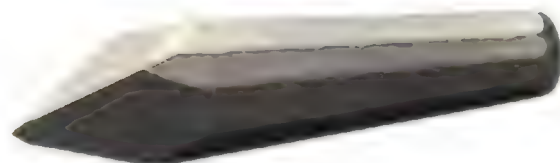
DE PICO



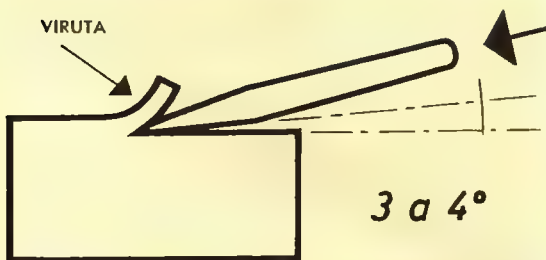
PIEZA DE MATERIAL BLANDO



PLANOS



AGUDOS





## TRABAJOS A RASQUETE

El rascado tiene como única finalidad el perfeccionamiento del trabajo a lima. También se recurre a esta operación en ocasiones en que es necesario pulir superficies de las que deban desaparecer las aristas de la herramienta de corte.

Como se desprende de su misión, la viruta del

rascado es muy pequeña, a la vez que escasa.

En estas operaciones de acabado de superficies la única herramienta empleada es el *rasquete* o *rascador*. Es de acero templado y va provisto de uno o varios filos de corte.

Los modelos más usuales son:



TRIANGULAR  
AGUDO



TRIANGULAR  
PLANO



PLANO



DE GANCHILLO

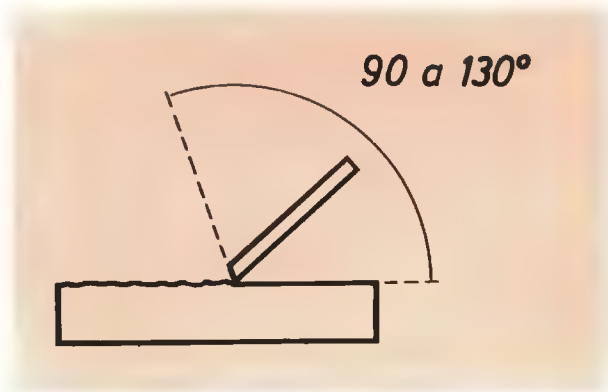


TRIANGULAR CURVO

La inclinación del rasquete sobre la superficie a tratar oscila entre los  $90^\circ$  y  $130^\circ$ .

Para la operación de rascado se precisa de cierta habilidad. Debe evitarse presionar con exceso la herramienta, puesto que de incurrir en lo contrario en vez de pulir las superficies las estriaríamos.

Un rascador de tipo triangular puede conseguirse mediante una vieja lima triangular. Eliminaremos el picado de las estrías; después ahuecaremos los flancos y, posteriormente, afilaremos las aristas de la misma.



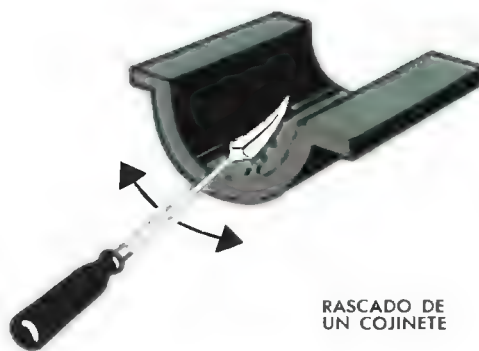
LIMA TRIANGULAR



RASQUETE



RASCADO DE UNA SUPERFICIE PLANA



RASCADO DE UN COJINETE

## TRABAJOS A LIMA

La lima es una herramienta cuyas aplicaciones se pierden entre las cosas demasiado numerosas. Este principio, un tanto exagerado, es producto de una verdad: que la lima es, quizás, la herramienta más usada en el taller. Podemos afirmar que es la herramienta que *llega a todas partes*.

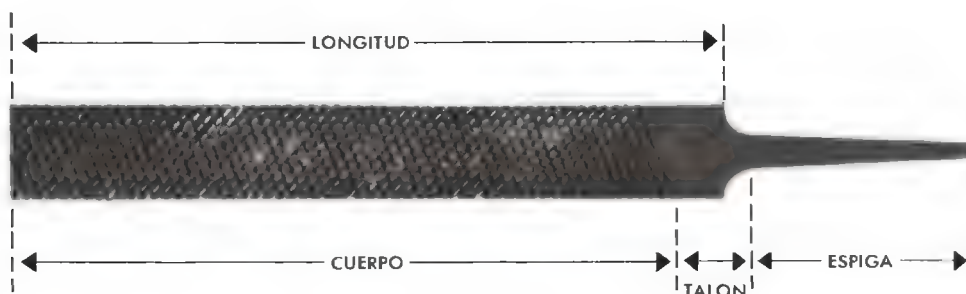
La lima, cierto, tiene aplicaciones muy varias, entre las que destacan dos operaciones básicas: el desbaste y el acabado. Estos, al admitir muchos matices, y las demás aplicaciones, han motivado la aparición de limas de distintos modelos y tamaños, aptas cada una de ellas para una función específica.

Antes de entrar en detalles sobre la operación del limado, digamos qué es una lima y cuáles son los tipos más característicos.

Una lima es una herramienta de corte construida en acero templado; su característica más sobresaliente son las estrías, las cuales le dan poder abrasivo.

En toda lima podemos distinguir tres partes: el cuerpo, el talón y la espiga. Las dos primeras constituyen la longitud de la lima.

En cuanto a su forma general, podemos distinguir entre limas de lados paralelos y limas de lados cónicos.



DE LADOS PARALELOS



DE LADOS CONICOS

Dentro de cada uno de estos grupos, o sea, dentro del grupo de limas de lados paralelos y dentro del de las limas de lados cónicos, existen una serie de variantes, especialmente pensadas para la realización de distintas operaciones dentro del trabajo común del limado.

Los tipos de limas más conocidos y que podemos considerar como los necesarios para solucionar cualquier operación de limado son:

Limas planas; de fresa; de cantos lisos; cuadradas; redondas; de media caña y triangulares.

Dentro de cada uno de estos modelos existen tamaños diversos en sección y longitud, lo cual



nos hace comprender la gran variedad de limas que es posible encontrar en el mercado.

La característica principal de una lima es su *picado*, consistente en las estrías, generalmente rectas, que lleva en su cuerpo. Son estrías paralelas practicadas formando un determinado ángulo con el eje longitudinal de la herramienta. Este ángulo suele ser menor de  $90^\circ$ .

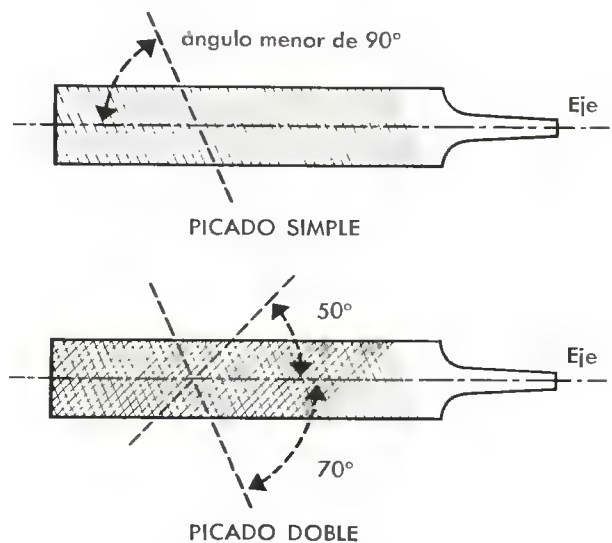
El picado de una lima puede ser simple o doble, adjetivos que de por sí nos lo definen.

Una lima de picado simple será aquella que lleva un solo estriado a todo lo largo de su cuerpo, estriado que será más o menos fino según la utilidad que se pretenda dar a la herramienta. Ya lo veremos.

Las limas de picado doble tienen dos series de estrías, practicadas de modo que mantengan distintas inclinaciones respecto al eje longitudinal. Estas inclinaciones, por regla general, son de  $70^\circ$  y de  $50^\circ$  respectivamente.

El picado convierte al cuerpo de la lima en un conjunto de pequeños cinceles que atacan el metal arrancando virutas muy pequeñas, llamadas limaduras.

Las limas de picado simple se usan para trabajar metales blandos y las de picado doble para actuar sobre metales más duros.



Según el espesor del picado las limas se clasifican en:

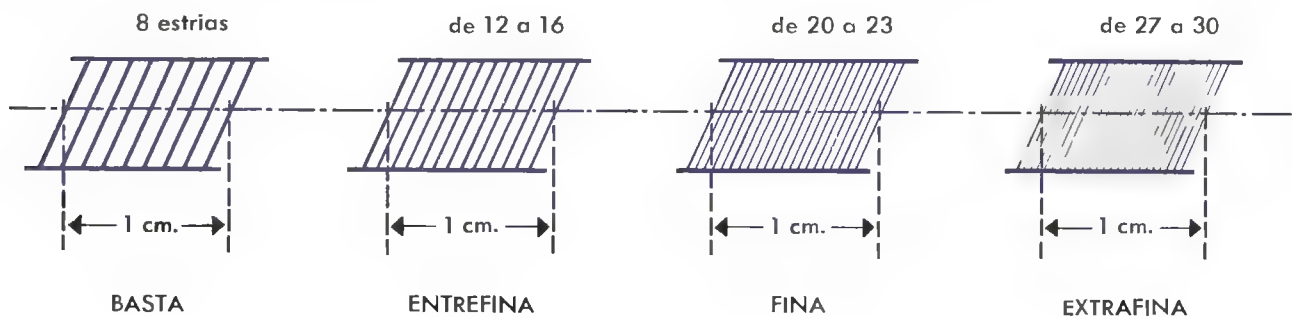
Bastas: picado de hasta 8 estrías por centímetro.

Entrefinas: de 12 a 16 estrías por centímetro.

Finas: de 20 a 23 estrías por centímetro.

Extrafinas: de 27 a 30 estrías por centímetro.

Se comprende que esta última clasificación de



las limas —según el grado de espesor de su pica—, sea la que determine de una forma más directa la lima apta para el tratado de las distintas superficies.

Puede pensarse que las limas bastas son las más idóneas para tratar metales duros; pero su-

cede lo contrario. Las bastas se emplean para desbastes; las finas y entrefinas para acabados precisos, pero hay que tener en cuenta que la norma general es que para tratar metales duros deben emplearse las segundas y no las primeras. Las extrafinas son muy poco empleadas.

## TECNICA DEL LIMADO

Para realizar una perfecta operación de limado la primera providencia a tomar es la sujeción de la pieza a tratar. Esta pieza debe sujetarse fuertemente con un tornillo de banco a un nivel algo inferior al del codo del operario.

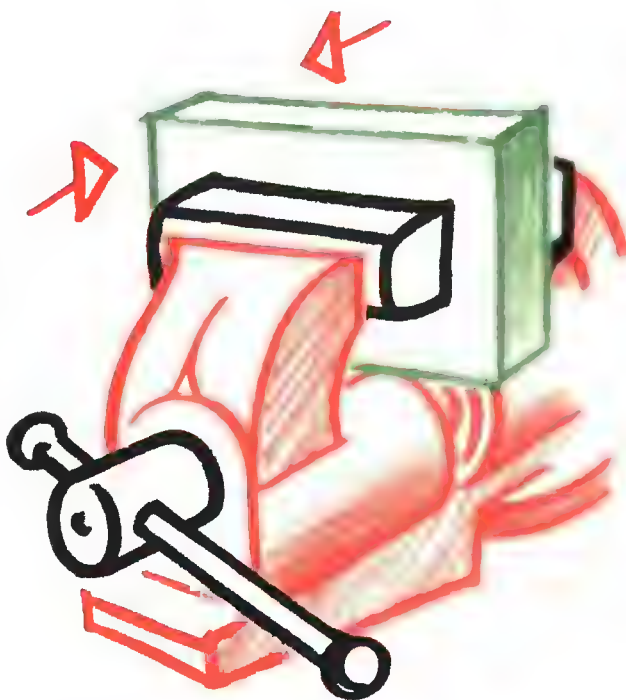
Limar bien, aunque parece cosa de realización sencilla, requiere un largo aprendizaje para adquirir seguridad de posición y regularidad de presión en las distintas pasadas de la lima sobre la pieza afectada. Un buen operario trabaja con gran amplitud de movimientos y **HACE PRESIÓN SÓLO EN EL SENTIDO DEL AVANCE.**

La frecuencia óptima del limado es de unas 35 pasadas por minuto.

Una lima requiere cuidados especiales; éstos se deben prodigar con relativa frecuencia, sobre todo durante una larga operación de limado.

Así, por ejemplo, cuando una lima se usa por primera vez debe tenerse la precaución de dar unas primeras pasadas muy suaves, que evitarán que el nuevo filo de las estrías —demasiado afiladas precisamente por ser nuevas— se resquebraje antes del primer desgaste. Unas gotitas de aceite contribuirán a evitar grietas cuando se pulen piezas de acero duro.

Cuando se trabajan materiales blandos, sucede que parte de las limaduras quedan adheridas entre los dientes de la lima, llegándose a un punto en que se raya el material sin que actúe el poder abrasivo de la lima. Se dice que la lima se ha



*embotado.* Para evitar este embotamiento casi siempre es suficiente embadurnar el cuerpo de la lima con un poco de yeso carente de humedad.

Veamos qué tipo de lima se prescribe para los distintos casos:

Para limar superficies planas, se usará una lima de sección rectangular.

Para limar superficies curvas, se empleará una lima circular o una lima de media caña.

Cuando deben limarse superficies contiguas se corre el peligro de dañar las que ya se han trabajado. Para evitarlo, se recurre a las limas de cantos lisos.

Las limas triangulares tienen especial aplicación para el afilado de herramientas de carpintería.

Las limas se limpian con un cepillo de cerdas metálicas; si algunas partículas se resisten se recurre a un alambre de acero fino para extraerlas de entre las estrías.

Hemos dejado para el final una cuestión de mucha importancia y que, por lo general, se descuida: el mango en el que se introduce fuertemente la espiga ligeramente cónica de la herramienta. Son



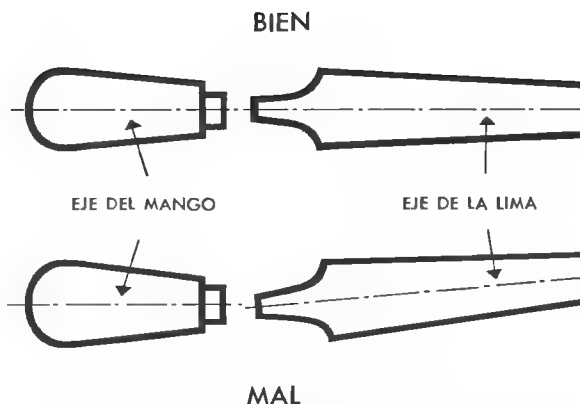
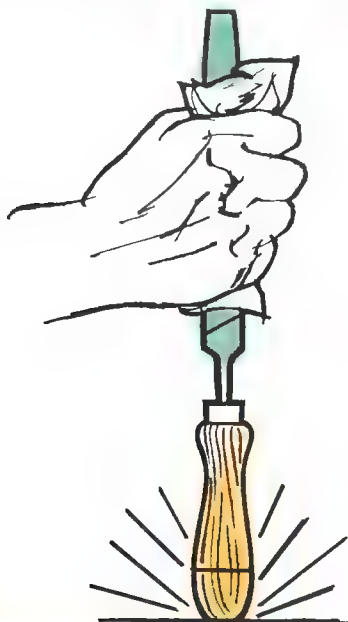
CEPILLO PARA LIMPIEZA DE LIMAS



de madera dura (haya o fresno) y su longitud oscila entre los 80 y 160 mm.

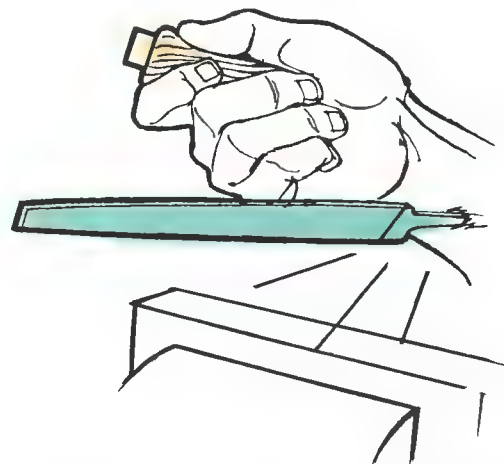
La colocación del mango tiene capital importancia. Debe conseguirse una perfecta alineación entre el eje de la lima y el del mango, circunstancia que, de no cumplirse, obstaculiza en gran manera la obtención de acabados perfectos.

Algo aún más importante —en atención a evitar serios accidentes— es la correcta fijación del mango a la lima. La adherencia debe ser absoluta, puesto que un fallo en esta cuestión puede provocar el desprendimiento de las dos piezas en pleno trabajo. El movimiento rítmico necesario en tal operación llega a hacerse un acto prácticamente inconsciente y las manos no se paran a tiempo de evitar que la espiga se clave en la mano o en la muñeca en caso de desprendimiento del mango. Puede producirse una herida que puede acarrear serias complicaciones, porque la forma irregular de la



espiga no produce las más de las veces una herida limpia, sino un desgarre en los tejidos.

Como precaución, antes de usar una lima debe darse un golpe seco sobre la base del mango.



Un mango mal colocado puede ser causa de serios accidentes. Al escaparse el mango, la espiga de la lima puede clavarse en la mano o muñeca.

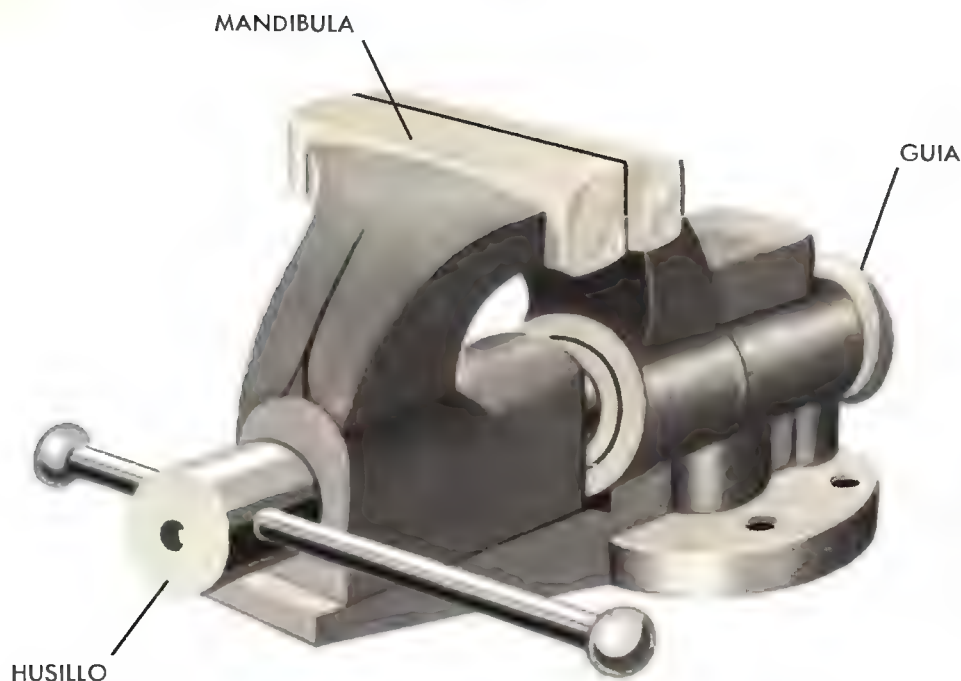
La inmovilidad de la pieza a limar se consigue generalmente gracias al tornillo de banco —de mayor o menor tamaño— que actúa a modo de poderosas mordazas entre cuyas mandíbulas queda apriada la pieza.

Existen varias modalidades de tornillos de banco, aunque, en esencia, se trate siempre de lo mismo: una mandíbula fija y otra móvil que corre a lo largo de una guía gracias a la acción de un tornillo llamado husillo. Añadamos la palanca que permite aumentar la fuerza del apriete entre las dos mandíbulas.

Hay tornillos fijos y tornillos giratorios, con

la ventaja por parte de estos últimos de poderse adaptar al ángulo de trabajo más conveniente.

Las mandíbulas llevan unas piezas de acero que son las que están en contacto con la pieza a sujetar. Estos segmentos postizos se fijan al cuerpo de las mandíbulas mediante tornillos de cabeza embutida. La superficie interior de estas piezas lleva un grafilado que facilita la adherencia entre ellas y la pieza a tratar, evitando que la presión transmitida por la herramienta se traduzca en un movimiento rotatorio. Se trata de evitar que la pieza fijada al tornillo pueda deslizarse entre sus mandíbulas.



Este es uno de los modelos más corrientes de tornillo de banco fijo. Se construyen de tamaños muy diversos, según el peso y volumen de las piezas que deban sujetar.

Como toda herramienta de taller (quizás en este caso no es muy propio hablar de herramienta) el tornillo de banco requiere sus mimos.

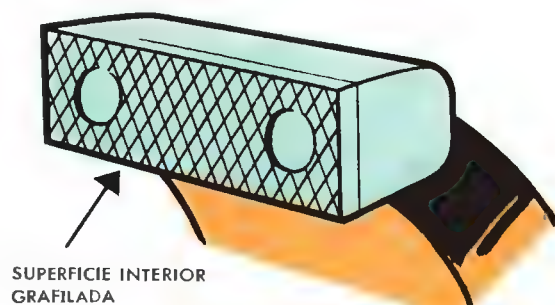
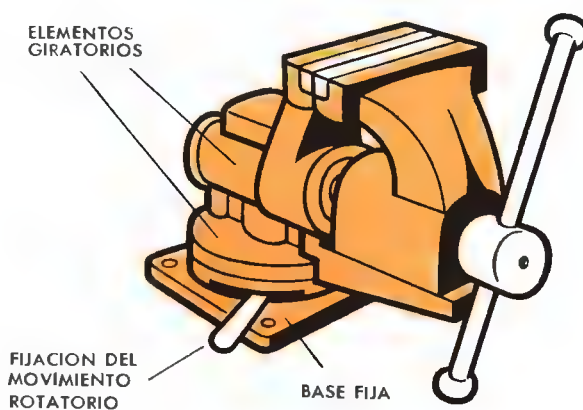
Tanto la guía como el husillo deberán mantenerse siempre limpios y sólo de vez en cuando deberán lubricarse ligeramente: la guía con un paño humedecido de aceite y el husillo con grasa consistente. Pero nunca se engrasará la base giratoria si el tornillo tiene esta modalidad.

Hay que tener la precaución de mantener cerradas las mandíbulas mientras no se emplea el tornillo. Esta precaución —que por olvido se descuida muchas veces— tiende a evitar que posibles golpes modifiquen el perfecto paralelismo que debe existir entre los planos interiores de las mandíbulas.

Para fijar las piezas entre las mandíbulas se dan vueltas al husillo hasta obtener una presión mediana y luego se afirma la fijación mediante un tirón seco y fuerte dado con la mano al extremo de la palanca. Pero nunca debe caerse en la tentación de aumentar esta última presión con golpes de martillo o con una palanca de mayor longitud.

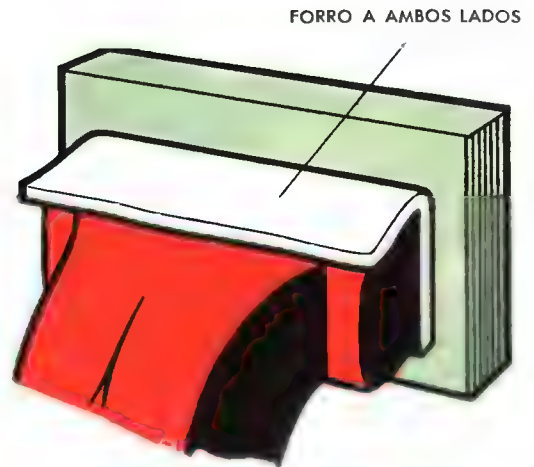
Tal advertencia resulta conveniente porque, ante el afán de conseguir una fijación a toda prueba, son normales estas soluciones exageradas. Debe tenerse en cuenta que cada tamaño de tornillo es capaz de resistir una presión límite que, en términos generales, es la que puede imprimir el último golpe de palanca practicado con la mano. La longitud del brazo de palanca está calculada precisamente en función de la resistencia de las piezas que componen el instrumento. Aumentar esa presión máxima previamente calculada es forzar al material a un esfuerzo para el que no está calcu-

lado. Al cabo de muy poco tiempo las piezas pierden su correcto ajuste, surgen deformaciones y el tornillo es bueno para tirarlo como chatarra.



Cuando las piezas a fijar al tornillo están pulidas o tienen superficies delicadas, los segmentos grafilados de las mandíbulas se forran con sendas piezas de metal blando (plomo o cobre), con madera e incluso con paño, cartón o papel de periódico.

Cuando las piezas a fijar al tornillo tienen forma irregular, con aristas pronunciadas, con nervios, hendiduras, etc., puede resultar imposible su fijación directa al tornillo, algunas veces porque la forma de la pieza no ofrece amplias superficies de contacto y otras porque alguna de las dos mandíbulas afectarían directamente una arista o parte de la pieza que no admite ningún desgaste.



MAL



BIEN

En estos casos se recurre a una fijación indirecta, mediante bloques adicionales, de madera o metal que, en realidad, son contramoldes de la forma de aquella parte de la pieza que pretendemos proteger de las mandíbulas del tornillo.

Las aristas que deben corresponderse en el bloque adicional cóncavo con las aristas de la pieza se acaban mediante una pequeña estría; ésta for-

ma una nueva concavidad que alojará la arista a proteger, liberándola de fricciones.

El limado es, sin duda, un trabajo de taller con valor artesano. En muchísimas ocasiones no puede ser sustituido por la acción de una máquina herramienta, ya que requiere una supervisión constante e inteligente, cosa que sólo puede conseguir el buen operario que sabe dirigir el movimiento de sus manos con el impulso de la razón.



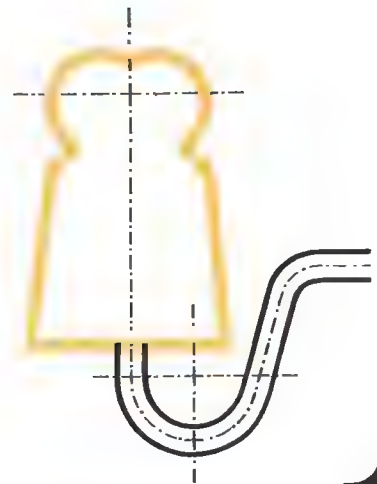
**APENDICE**

2<sup>o</sup>



# MATERIALES

**Primeras consideraciones**  
**Propiedades físicas de la materia**  
**Propiedades de los sólidos,**  
**de los líquidos**  
**y de los gases**



## LECCION N<sup>o</sup> 1

# materiales eléctricos

## PRIMERAS CONSIDERACIONES

Para el aprovechamiento de la electricidad se requiere un enorme despliegue de las posibilidades técnicas del momento actual. Desde la construcción de una central de cualquier tipo a la fabricación del más modesto interruptor (por citar uno de los elementos más vulgares de todos los aparatos eléctricos) podemos cerrar un ciclo que encierra la obtención de un extensísimo muestrario de piezas, aparatos y máquinas que intervienen en la producción, control e inmediato aprovechamiento de la energía eléctrica.

Para expresar en dos palabras todas las actividades humanas que directa o indirectamente se relacionan con la electricidad, hablamos de la **INDUSTRIA ELÉCTRICA**, que se vale de distintos materiales para obtener los productos que le son propios.

La industria eléctrica, como toda industria, transforma unos materiales que le llegan más o menos preparados, en productos de uso inmediato cuya aplicación y rendimiento, exige del material un comportamiento específico. En estas lecciones nos familiarizaremos con las propiedades de los materiales que tienen cualidades que los hacen útiles para la creación de energía eléctrica, para su transporte, transformación, control y consumo.

Basta un ligero análisis del material eléctrico más corriente para darnos cuenta de su gran variedad. (Vea algunos ejemplos a la derecha.)

El conocimiento de estos materiales le dará una visión clara de sus principales propiedades físicas y con ello lo que es más importante: saber cómo y en qué condiciones es más apropiado su uso para mejor aprovecharlas en aras de un mayor rendimiento de una corriente eléctrica.

Así, por ejemplo, siendo la mica y el amianto dos excelentes aislantes, algunas veces será más recomendable el empleo de la primera y otras el empleo del segundo. El cobre y el aluminio son muy buenos conductores, pero del uno al otro hay diferencias que los hacen especialmente recomendables para determinadas circunstancias. Son cuestiones demasiado trascendentes para ignorarlas, por lo que se impone un estudio metódi-



co de las propiedades de aquellos materiales que más directamente importan al técnico electricista.

Tal estudio lo efectuaremos considerando tres grandes grupos de materiales, según su comportamiento ante la electricidad. Así, estudiaremos un primer grupo de materiales, cuya principal virtud es la de ser **CONDUCTORES**; pero en este grupo desestimaremos aquellos que, aun siendo conductores, no se emplean como tales, centrando nuestro interés en aquellos materiales que la práctica recomienda para tal uso: los conductores por excelencia como el cobre, la plata, el aluminio, etc.

Un nuevo grupo será el de los **MATERIALES AISLANTES**, de los que veremos sus características e inmediatas aplicaciones. Entre ellos la ebonita, el vidrio, el caucho, la porcelana, etc.

Finalmente, deberemos considerar un tercer grupo no caracterizado, al que denominaremos de los materiales **DIVERSOS** que en mayor o menor grado serán conductores o aislantes, pero que no se emplean como tales de una forma específica, salvo en contadas ocasiones. Son materiales de aplicación diversa, como por ejemplo el acero (en la construcción de piezas para máquinas eléctricas), el latón, como material de construcción de diversos elementos de instalación (casquillos de lámparas, machos de clavijas, portalámparas...), el cemento, como elemento constructivo para soportes y basamentas de grandes máquinas eléctricas. También los plásticos, que tanta difusión han alcanzado, podemos incluirlos dentro de este grupo de materiales diversos.

## PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA

Antes de emprender el estudio detallado de los distintos materiales conviene tener un concepto justo de aquellas propiedades que pueden ser comunes a todos ellos. Nuestro mundo está formado por una enorme variedad de seres, de cosas

### CUALIDADES PRINCIPALES

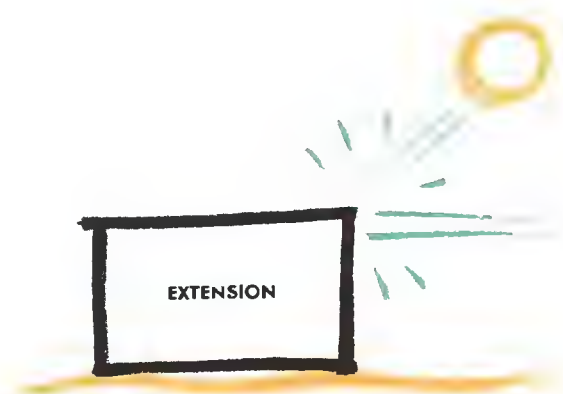
Si profundizamos un poco en su estudio, llegaremos a la conclusión de que los cuerpos son tales cuerpos por cuanto tienen una extensión y manteniéndose en ella pueden moverse o permanecer en reposo. **EXTENSIÓN** e **INERCIA** son las dos propiedades fundamentales de todos los cuerpos.

Que un cuerpo tenga extensión significa que ocupa un lugar en el espacio y resulta impenetrable por otro cuerpo. Es decir: el lugar ocupado por un cuerpo no puede ser ocupado por otro al mismo tiempo.



Como ve, se trata de un tema muy amplio y ciertamente interesante, tanto desde un punto de vista científico, como desde un punto de vista práctico.

existentes, animadas unas (con vida) e inanimadas las otras. Los conocemos porque impresionan nuestros sentidos y ocupan un lugar en el espacio. Normalmente los definimos diciendo que son cuerpos.



malmente llamamos olor, sin que pueda llamarse aroma. Por ejemplo: el olor a cuero, a pelo quemado...

## ESTADOS FISICOS DE LA MATERIA

Es un error en el que caen muchas personas, identificar la materia con los sólidos. Decir materia no quiere decir resistencia o forma: estas son cualidades de la materia, pero no estados de la misma.

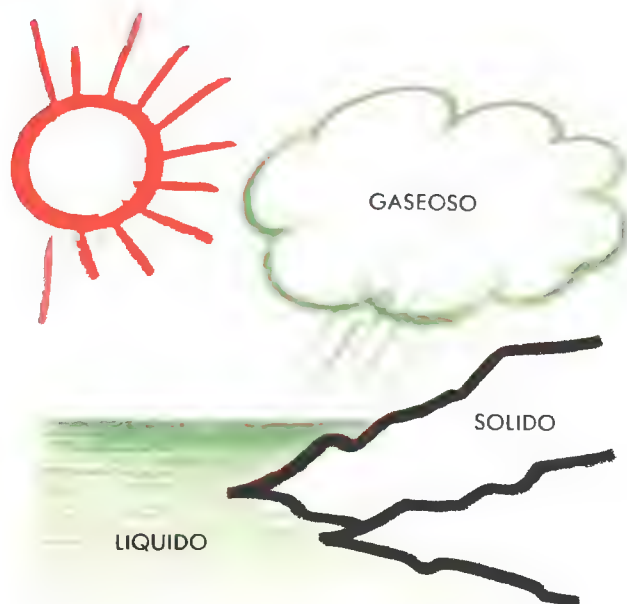
La materia se nos manifiesta en tres estados físicos: sólido, líquido y gaseoso. Cada uno de ellos es característico en cada material que consideramos, pero no exclusivo. Es decir: una sustancia como la plata, por ejemplo, se nos presenta normalmente bajo el estado sólido; pero ello no quiere decir que en ciertas circunstancias no pueda abandonarlo para tomar el estado líquido y aun el gaseoso. Sin embargo, hablaremos de sólidos cuando el estado normal del material sea el sólido; de líquidos cuando sea el líquido y de gaseosos cuando éste sea su estado normal.

Un sólido es aquel material que tiene una forma constante y permanente si no intervienen fuerzas que la modifiquen.

Los sólidos tienen forma y, por tenerla, un volumen constante.

Los líquidos carecen de forma, puesto que adoptan la del recipiente que los contiene, pero, en cambio, tienen volumen determinado. Un decímetro cúbico de agua, pongamos por caso, seguirá siendo un decímetro cúbico de agua, tanto si lo ponemos en un recipiente circular, como si lo ponemos en un recipiente prismático; su volumen permanece.

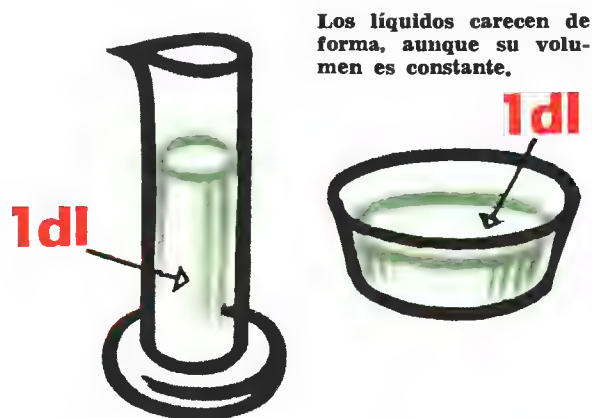
Por el tacto, además de la forma, apreciamos la suavidad o la aspereza de los cuerpos, así como su temperatura.



Los gases carecen de forma y de volumen constante, ya que su tendencia natural es la de expandirse para ocupar todo el volumen del envase que los contiene. Una misma cantidad de oxígeno podemos envasarla en una botella de un litro o en una botella de diez litros; el gas ocupará todo el volumen. Lo que ocurre es que en el primer caso ejercerá una mayor presión sobre las paredes del recipiente; diremos que está más comprimido. Pero quede claro que el peso del gas será el mismo en ambos casos, puesto que se trata de la misma cantidad de gas, con la única diferencia de ocupar distintos volúmenes.



Para una misma cantidad de gas, una disminución de volumen implica un aumento de la presión.



Los líquidos se adaptan a la forma de la vasija que los contiene.



## PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS SOLIDOS

**DUREZA:** Cuando un cuerpo ofrece mucha resistencia a su rotura, acostumbramos a decir que se trata de un material muy duro; sin embargo, ¡podemos estar completamente equivocados! Un cuerpo puede ser muy resistente a la rotura y, en cambio, tener un grado de dureza muy bajo.

Que un material sea muy duro no quiere decir que no pueda romperse con facilidad. El diamante, que es el cuerpo más duro que se conoce, se hace añicos cuando recibe un golpe. Es duro, pero en cambio, también es frágil.

Tengamos claro el concepto de la dureza de los materiales: consiste en la mayor o menor resistencia que ofrecen a ser rayados. El vidrio es muy duro, pero todos sabemos que es muy quebradizo.

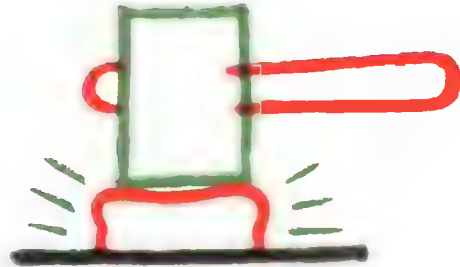
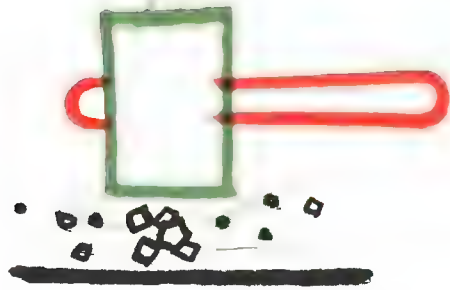
Al tratar de la dureza de los cuerpos es obligado dar la escala de durezas que se conoce como escala de Mohrs. Según ella, para los minerales debe establecerse el siguiente orden de menor a mayor dureza: Talco, yeso, espato, fluorita, apatito, feldespato, cuarzo, corindón y diamante.

Para los metales puros, la escala es la siguiente: Plomo, estaño, plata, cobre, platino, cinc, hierro, níquel y cromo.

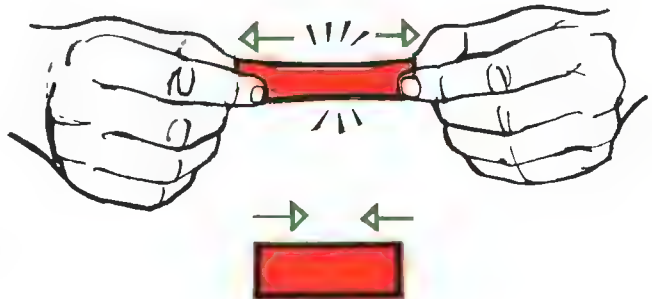
**TENACIDAD:** En realidad, cuando al referirnos a la resistencia a la rotura de un material hemos hablado de su dureza, deberíamos haber mencionado su tenacidad, porque esta propiedad es la que realmente define la mayor o menor resistencia que los cuerpos ofrecen a la rotura. Así, resulta que los objetos de goma son muy tenaces, aunque sean muy poco duros.

**ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD:** Un cuerpo es elástico cuando recobra su forma normal al dejar de actuar sobre él aquellas fuerzas que pudieran haberlo deformado. En realidad, no hay cuerpo que no sea elástico en mayor o menor grado. La tendencia de los sistemas moleculares a volver a su forma primera, es general. Lo que ocurre es que en algunas sustancias la elasticidad es tan mínima que no puede tomarse en cuenta.

Los cuerpos no elásticos, o se rompen o adoptan por definitiva la nueva forma que han adquirido ante la influencia de fuerzas externas. En este último caso, hablaremos de cuerpos plásticos. Una sustancia clásicamente plástica es el barro húmedo.



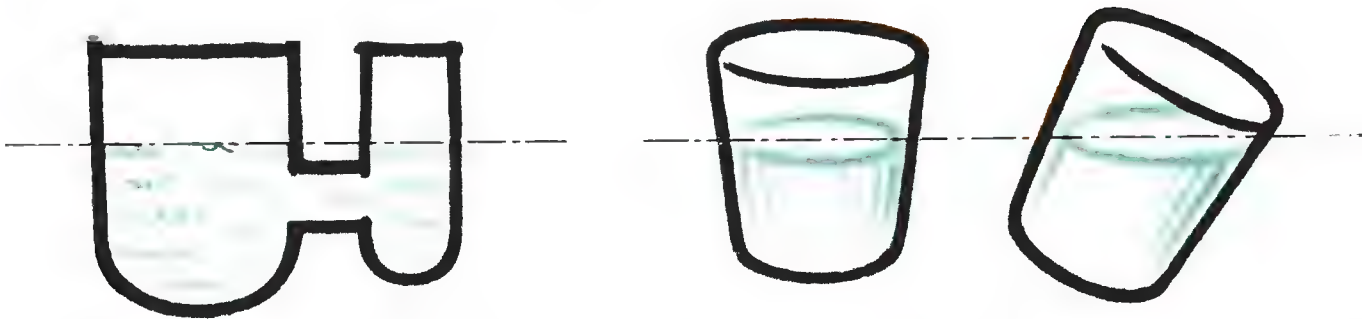
La dureza de un material no es sinónimo de tenacidad. Un cuerpo puede ser muy duro y muy poco tenaz. Otro cuerpo puede ser muy tenaz y tener muy poca dureza.



La elasticidad y la plasticidad son dos propiedades opuestas. Las sustancias plásticas no recobran su forma inicial. Las sustancias elásticas la recobran al cesar la fuerza que las deforma.

## PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS LIQUIDOS

Los líquidos tienden siempre a adquirir una superficie libre plana y horizontal... cuando sólo consideramos una pequeña porción de ellos.

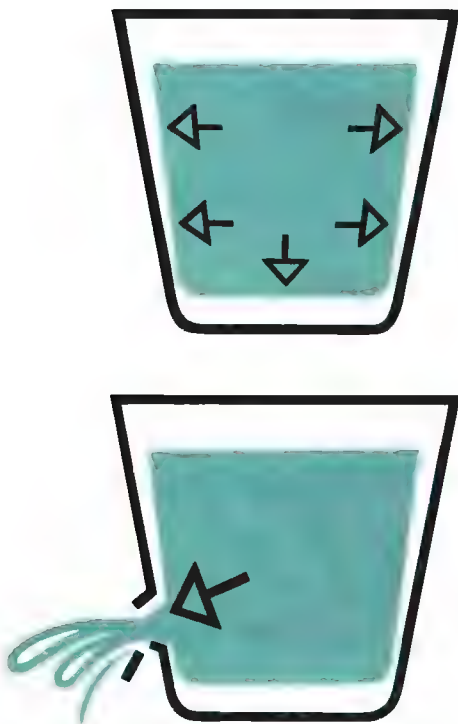


Todos los líquidos ejercen una determinada presión sobre las paredes del recipiente que los contiene, de forma que si esta presión es excesiva en relación a la resistencia del recipiente, puede destruirlo en su punto más débil.

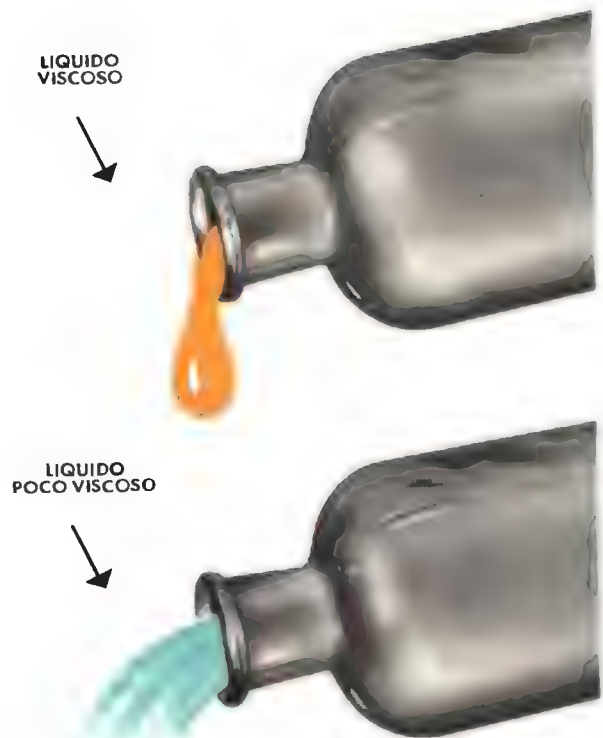
Estas son dos propiedades que todos hemos podido comprobar y sobre las que no vale la pena insistir.

Una característica importante de los líquidos

y de la cual se derivan múltiples posibilidades de aprovechamiento, es la viscosidad. VISCOSIDAD es la mayor o menor oposición que un líquido opone al deslizamiento. Un líquido es muy viscoso cuando se desliza con dificultad. El aceite y la glicerina son dos ejemplos típicos de líquidos viscosos. En cambio, el alcohol y la gasolina son cuerpos poco viscosos. El agua ocupa un lugar intermedio.



La presión de una masa líquida sobre la superficie del recipiente que la contiene es constante en todos sus puntos. En caso de rotura, ésta se producirá por el punto más débil del recipiente.



## CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES

El hecho de que los gases carezcan de un volumen constante hace que su comportamiento sea muy distinto al de los líquidos y no digamos al de los sólidos.

Que un gas tienda a ocupar el máximo espacio nos dice que este gas (todos, para ser exactos) es extensible. Pero dado que, a pesar de esta tendencia a la extensión, una misma cantidad de gas puede reducirse a un espacio mínimo (esta reducción de espacio, como es natural, tiene unos límites) llegamos a la conclusión de que todo gas, además de extensible, es compresible, que puede comprimirse.

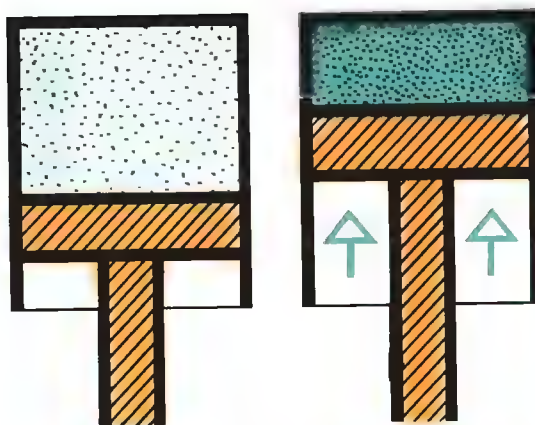
La reducción del volumen ocupado por un gas implica un automático aumento de la presión que ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene.

Volumen y presión son dos características que no pueden desligarse y a las que debe añadirse un tercer factor básico para el estudio de los gases: la temperatura. Resulta que un aumento de presión provoca de inmediato un aumento en la temperatura de todo gas. Y viceversa: un aumento en la temperatura se traduce en un aumento de presión... siempre que consideremos un mismo volumen. Si consideramos un volumen variable, al aumentarlo, disminuiríamos la presión.

La importancia del calor para el estudio de los fenómenos físicos que observamos en la materia, sea cual fuere su estado, es una de aquellas cosas que no pueden tratarse a la ligera. Por su influencia definitiva sobre el comportamiento de los cuerpos eléctricamente útiles, dedicaremos un capítulo entero a estudiarlo en sí mismo y en sus efectos.

Para intuir su importancia basta pensar que el calor es la causa que determina la temperatura de los cuerpos; y ya sabemos que la resistencia eléctrica de los mismos varía considerablemente a tenor de los cambios de temperaturas. Pensemos también en que los cuerpos son capaces de cambiar su estado físico según la temperatura que alcancen. Los sólidos se convierten en líquidos, los líquidos en gases, los gases en líquidos e incluso en sólidos, etc. Un motor eléctrico puede quemarse si alcanza una temperatura superior de la que puede resistir, etc.

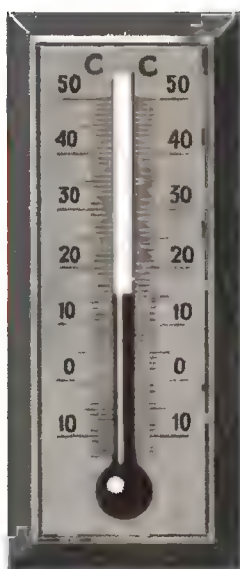
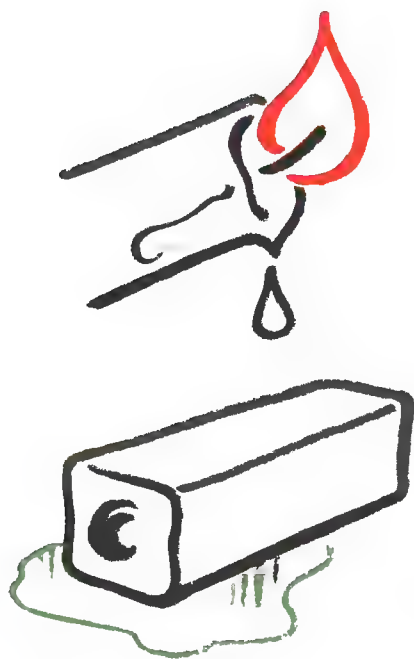
Además, es bien conocida la circunstancia de que el calor dilata los cuerpos, fenómeno que se ha aprovechado para la construcción de diversos dispositivos eléctricos...



**Volumen y presión son dos conceptos inseparables cuando tratamos de estudiar el comportamiento físico de los gases.**



**Al calentar un gas, aumentará la presión si el volumen permanece invariable. Si existe la posibilidad de variar el volumen, aumentará con el calor.**



**La influencia de la temperatura en los cuerpos es decisiva. El aumento o disminución de la temperatura alcanzada por una determinada sustancia puede dar lugar a un cambio de su estado físico. La solidificación, la fusión o la vaporización de un cuerpo son circunstancias debidas a la acción del calor (también de la presión) absorbido o liberado por él.**

El camino está trazado. Sabemos lo que deberemos estudiar y las características generales que podemos descubrir en cada uno de los materiales que someteremos a análisis. Por este análisis conoceremos sus cualidades específicas y hasta qué

punto le son propias las cualidades generales de la materia; podremos adoptar un criterio perfectamente racional acerca de sus posibilidades como material en cuanto a sus relaciones con el empleo de la electricidad.



# MATERIALES

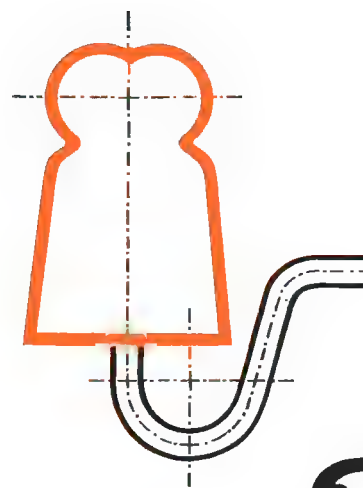
**Dilataciones**

**Cambios de estado**

**Peso**

**Densidad**

**Peso específico**



## LECCION Nº 2

# conocimiento de materiales

Hablar de conocimiento de materiales y no estudiar la influencia que ejerce sobre ellos el calor sería un absurdo total. Vamos a estudiar esta influencia, las distintas maneras cómo el calor actúa sobre los distintos materiales y los efectos que produce en ellos, tanto desde el punto de vista cualitativo como desde el cuantitativo. Son datos a tener en cuenta, en determinados casos.

Todo aumento de temperatura representa para el cuerpo que lo experimenta un cambio en sus dimensiones. Que el calor dilata los cuerpos y el

frío los contrae es algo tan demostrado, tan evidente, que no consideramos necesario hablar extensamente del fenómeno. Ante un aumento de su temperatura los cuerpos experimentan algo así como un crecimiento, se hacen mayores en el sentido de ocupar más espacio; y siendo la temperatura un factor a tener en cuenta en múltiples ocasiones, resulta imprescindible saber calcular la cuantía de los efectos que este cambio de temperatura produce en la forma y dimensiones del material estudiado.

## DILATACION DE LOS CUERPOS

Sólidos, líquidos y gases se dilatan con el calor. Vamos a emprender el estudio cuantitativo de estas dilataciones, empezando por la dilatación de los cuerpos sólidos.

## DILATACION DE LOS SOLIDOS

En todo cuerpo sólido podemos considerar tres magnitudes: su longitud, su superficie y su volumen. Cada una de estas magnitudes queda afectada por el calor, y por lo mismo podemos hablar de dilatación lineal, dilatación superficial y dilatación cúbica o volumétrica, refiriéndonos respectivamente al aumento o disminución, originada por el calor, que los cuerpos experimentan en su longitud, en su superficie o en su volumen.

## DILATACION LINEAL

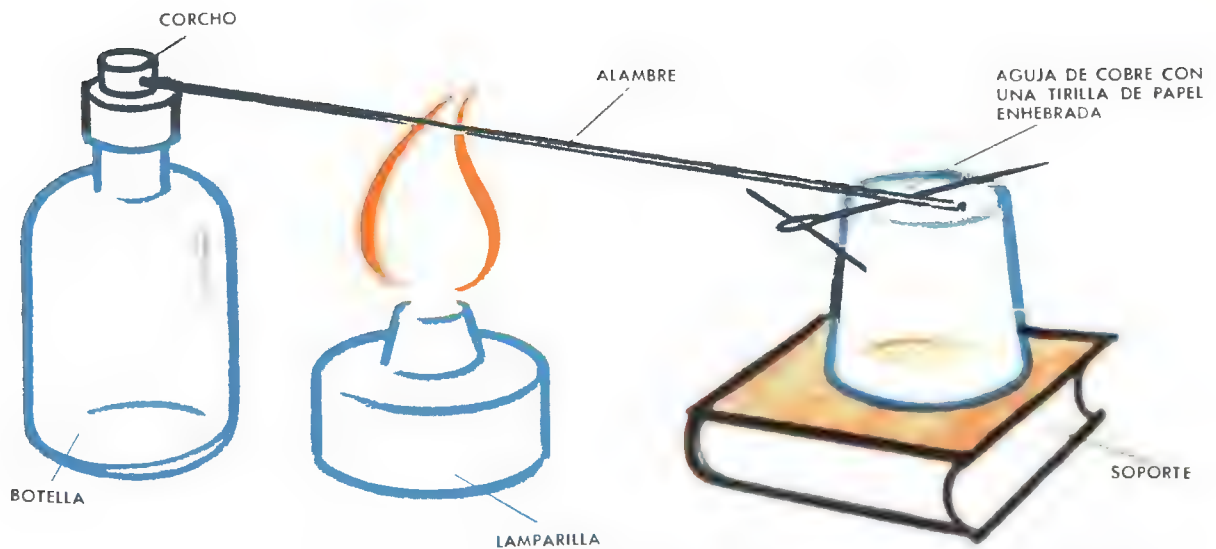
Llamamos dilatación lineal al aumento de longitud que experimentan los cuerpos gracias al calor que reciben.

La demostración del fenómeno resulta muy sencilla: basta con disponer de una varilla metálica delgada, de una lamparilla de alcohol y de algún ingenio que modifique su posición a me-



Las juntas de los carriles se dejan con cierta separación, como previsión de la dilatación lineal que por el calor puedan sufrir los distintos tramos de vía.

dida que la barra vaya dilatándose. En forma gráfica mostramos un simple experimento por el cual podrá demostrarse usted mismo la verdad de la dilatación lineal de los cuerpos. Le será muy fácil apreciar el movimiento de la aguja enhebrada a medida que aumente la longitud de la varilla metálica.



**Experimento para demostrar la dilatación lineal de una varilla metálica. A medida que el calor provoque un aumento de longitud en la varilla, la aguja se desplazará en el sentido de la dilatación, circunstancia que apreciaremos por las distintas posiciones que irá adoptando un alambre muy fino con el cual habremos enhebrado la aguja.**

Este aumento de longitud será proporcional a la cantidad de calor, de modo que a más temperatura mayor dilatación. Nuestra varilla experimentará una mayor dilatación cuando su temperatura haya subido 10°, por ejemplo que si el aumento de temperatura es sólo de 5°. Si la ganancia en temperatura es sólo de 2° la dilatación será inapreciable; y no digamos cuando el aumento de temperatura es únicamente de 1°. Claro que el hecho de que la dilatación resulte inapreciable no quiere decir que sea inexistente: la dilatación existe realmente; y a partir de esta dilatación, experimentada con el aumento de un solo grado de temperatura, podemos calcular el valor de cualquier dilatación lineal.

En laboratorios especializados y con instrumentos de extrema precisión se ha calculado el alargamiento que sufre una varilla del material experimentado cuando pasa de la temperatura de 0° C a la de 1° C. La medición de esta dilatación debida a la unidad de temperatura se da en la misma unidad de longitud con que se ha medido la varilla cuando está a 0°. Estas dilataciones se dan en metros; a su valor se les denomina coeficientes de dilatación lineal, los que para efectos de cálculo se representan con la letra lamda del alfabeto griego.

Si decimos, por ejemplo, que para el hierro  $\lambda = 0'000012$ , afirmamos que si una barra de dicho metal a 0° tenía una longitud de 1 m, al aumentar la temperatura en un grado, este metro de longitud habrá experimentado un aumento de 0'000012 metros.

La fórmula que permite hallar la longitud final de una barra para un determinado aumento de temperatura es la siguiente:

$$l = l_0 (1 + \lambda t)$$

$l$  = longitud a la temperatura final.

$l_0$  = longitud a la temperatura inicial.

$\lambda$  = coeficiente de dilatación lineal.

$t$  = aumento de temperatura.

Veamos ahora, en forma de tabla, los valores de lamda para aquellos materiales más empleados en electricidad:

Material	Lambda
Acero ... ..	0'000010
Aluminio ... ..	0'000023
Bronce ... ..	0'000017
Cinc ... ..	0'000029
Cobre ... ..	0'000017
Estaño ... ..	0'000020
Goma dura ... ..	0'000077
Hierro ... ..	0'000012
Latón ... ..	0'000019
Mármol ... ..	0'000012
Mica ... ..	0'000077
Níquel ... ..	0'000013
Oro ... ..	0'000013
Plata ... ..	0'000018
Platino ... ..	0'000009
Plomo ... ..	0'000029
Vidrio Jena ... ..	0'000008

**Veamos un ejemplo:**

Un carril de acero cuya longitud, medida a la temperatura de  $20^\circ$ , es de 120 m absorbe calor hasta alcanzar una temperatura de  $80^\circ$ . ¿Qué longitud tendrá ahora este carril?

Coeficiente  $\lambda$  para el acero: 0'00001.

Aumento de temperatura:  $80^\circ - 20^\circ = 60^\circ$ .

$$l = 120 (1 + 0'00001 \times 60)$$

$$l = 120 (1 + 0'0006)$$

$$l = 120 \times 1'0006 = 120'072 \text{ m.}$$

## DILATACION SUPERFICIAL

Vamos a referirnos al aumento de superficie experimentado por un material ante un aumento de temperatura.

Recordando que una superficie es el producto de dos longitudes (largo y ancho) resulta fácil comprender que un aumento de superficie implica un aumento en estas dos longitudes. Es decir: todo aumento de superficie representa la dilatación lineal de los límites de esta superficie, dilatación que deberá calcularse según el coeficiente de dilatación lineal correspondiente al material cuya superficie estudiamos.

También en este caso es válido el razonamiento anterior, según el cual requerimos un coeficiente de dilatación para el aumento de  $1^\circ$  de temperatura. En el caso de una dilatación superficial a este coeficiente le llamamos sigma ( $\sigma$ ). Esta letra griega sigma representa el coeficiente de dilatación superficial que, según lo dicho anteriormente (que toda superficie es el producto de dos longitudes), será el doble del coeficiente de dilatación lineal del material tratado. Es decir:  $\sigma = 2 \lambda$ .

La fórmula para calcular la superficie alcanzada por un cuerpo cuando su temperatura ha aumentado en cierto número de grados es análoga a la que permite el cálculo de una dilatación lineal:

$$S = S_0 (1 + \sigma t) \text{ o } S = S_0 (1 + 2 \lambda t)$$

En esta fórmula es:

$S$  = Superficie a la temperatura final.

$S_0$  = Superficie a la temperatura inicial.

$\lambda$  = Coeficiente de dilatación lineal.

$t$  = Aumento de temperatura.

$\sigma$  = Coeficiente de dilatación superficial.

**Otro ejemplo:**

Un hilo de cobre, cuya longitud es de 12 m cuando la temperatura es de  $15^\circ$ , deberá alcanzar una temperatura de  $25^\circ$ . ¿Qué longitud tendrá?

El coeficiente de dilatación lineal del cobre es, como vemos en las tablas, 0'000017.

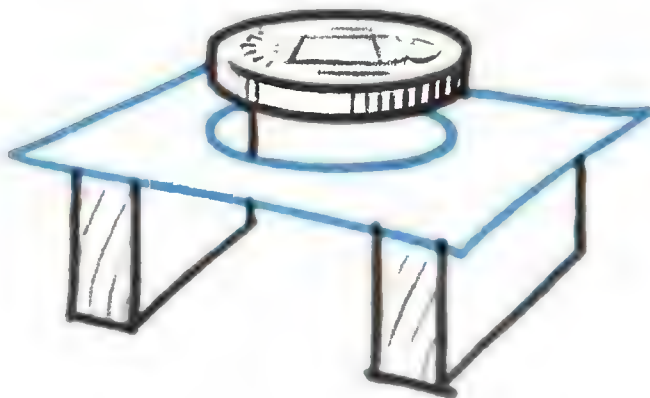
El aumento de temperatura que habrá experimentado el hilo será:  $25^\circ - 15^\circ = 10^\circ$ .

Con estas premisas podemos encontrar la solución:

$$l = 12 (1 + 0'000017 \times 10)$$

$$l = 12 (1 + 0'00017)$$

$$l = 12 \times 1'00017 = 12'002 \text{ m.}$$



Para demostrar la dilatación superficial de un sólido basta con calentar una moneda que pasaba por un taladro de su mismo diámetro practicado en una cartulina. Una vez calentada, no pasará por el taladro por haberse dilatado superficialmente.

**Ejemplo:**

Una plancha de cobre que a  $20^\circ$  tiene una superficie de  $1 \text{ dm}^2$  se calienta hasta que alcanza una temperatura de  $120^\circ$ . ¿Qué superficie tendrá a esta temperatura?

Las consideraciones son las de siempre: buscar en las tablas el coeficiente de dilatación que corresponde al material tratado y, luego, hallar el aumento de temperatura que habrá experimentado el cuerpo.

Ya conocemos el coeficiente de dilatación lineal del cobre; en cuanto al aumento de temperatura, basta ver las cantidades inicial y final para saber que será de  $100^\circ$ .

Por lo tanto:

$$S = 1 (1 + 2 \times 0'000017 \times 100)$$

$$S = 1 (1 + 0'0034)$$

$$S = 1 \times 1'0034 = 1'0034 \text{ dm}^2.$$

La plancha de cobre habrá experimentado un aumento de superficie igual a  $34 \text{ mm}^2$ .



## DILATACION CUBICA

Razonando de forma análoga a como hemos hecho al considerar la dilatación superficial llegaremos al convencimiento de que el coeficiente de dilatación cúbica de los cuerpos es igual a tres veces el coeficiente de dilatación lineal. Es así, por cuanto todo volumen viene expresado por el producto de tres longitudes. Largo por alto por ancho, es el producto de tres factores lineales cuyo resultado es el volumen del cuerpo considerado.

Podemos afirmar pues, que  $\alpha = 3 \lambda$ .

El coeficiente de dilatación cúbica, en efecto, se representa por la letra griega alfa; la fórmula resultará ser idéntica a la que determina la dilatación lineal de un sólido, pero teniendo en cuenta que el coeficiente de dilatación viene multiplicado por 3. Es decir:

$$V = V_0 (1 + \alpha t) \text{ o } V = V_0 (1 + 3 \lambda t)$$

Ya puede suponer qué es lo que representan las letras de esta fórmula:

$V_0$  = Volumen a temperatura inicial.

$V$  = Volumen a temperatura final.

$\lambda$  = Coeficiente de dilatación lineal.

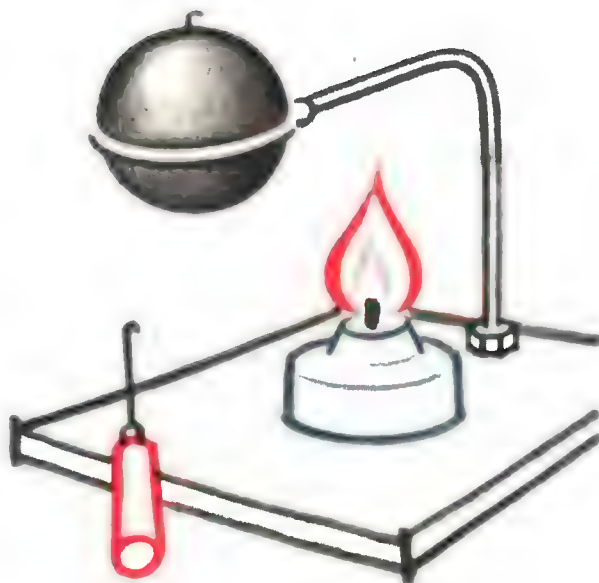
$t$  = Aumento de temperatura.

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación cúbica.

Ejemplo.

Un  $\text{m}^3$  de cobre medido a la temperatura de  $20^\circ$ , ¿qué volumen tendrá a  $120^\circ$ ?

Como siempre, buscaremos el coeficiente de dilatación que corresponde al cobre y también



**Demostración de la dilatación cúbica de una esfera de metal.** Antes de calentarla, la esfera pasaba por el aro del soporte. Una vez caliente, queda retenida por el soporte hasta que al perder calor se contrae de nuevo.

el aumento de temperatura experimentado por el cuerpo. Con los datos tendremos:

$$V = 1 (1 + 3 \times 0.000017 \times 100)$$

$$V = 1 (1 + 0.0051)$$

$$V = 1 \times 1.0051 = 1.0051 \text{ m}^3.$$

El aumento del volumen de esta cantidad de cobre habrá sido de  $5100 \text{ cm}^3$ .

## DILATACION DE LOS LIQUIDOS

Los fenómenos de dilatación son mucho más perceptibles en los cuerpos líquidos que en los cuerpos sólidos, apreciación que nos ilustra sobre el hecho de que forzosamente el coeficiente de dilatación de un líquido tendrá mayor valor que el coeficiente de dilatación de un sólido.

No vamos a extendernos en consideraciones sobre los fenómenos de dilatación producidos por el calor en una masa líquida. Diremos únicamente que en los líquidos sólo se considera la dilatación cúbica, puesto que es el aumento de volumen de una masa líquida lo que puede interesar.

Digamos también que la fórmula que permite calcular la dilatación cúbica de una masa líquida



**El termómetro es la aplicación más conocida de la dilatación de los líquidos.**

es exactamente la misma que venimos empleando para las demás dilataciones. Basta conocer el coeficiente de dilatación del líquido que se estudia para solucionar por completo el problema. Por su particular interés, anotamos aquí que el coeficiente de dilatación cúbica del mercurio es:  $\alpha = 0'00018$ .

Para cálculos de dilatación muy exactos debe tenerse en cuenta que una masa líquida está contenida en un recipiente, y que este recipiente también experimenta su propia dilatación ante un aumento de temperatura. Este es un factor, empero, que sólo debe tenerse en cuenta, lo repetimos, para cálculos de mucha precisión.

Vea ahora una tabla resumida con el valor de los coeficientes de dilatación de algunas sustancias líquidas de interés:

Líquidos	Coeficiente de dilatación
Aceite de oliva ... ..	0'00074
Aguarrás ... ..	0'00094
Alcohol ... ..	0'00110
Eter ... ..	0'00163
Glicerina ... ..	0'00053
Mercurio ... ..	0'00018

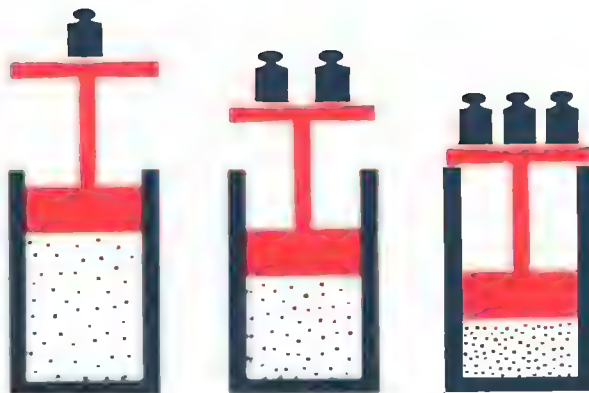
## DILATACION DE LOS GASES

Recordemos que una sustancia gaseosa tiende a ocupar todo el volumen de la vasija que lo contiene. Un gas, por tendencia natural, ocupará la totalidad del espacio de que dispone para su expansión.

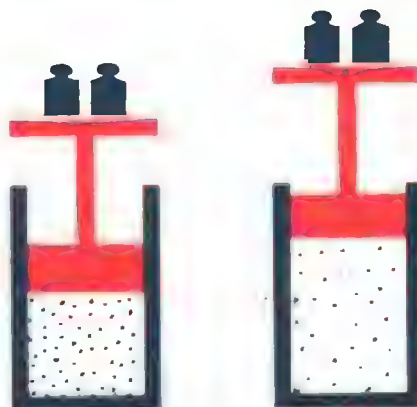
Considerando una misma cantidad de gas sometido a distintas presiones podremos comprobar por observación directa que su volumen disminuye al aumentar la presión a que se le somete. Por ello la dilatación de los gases debe considerarse a presión constante o sea, calentándolo manteniendo sobre él siempre la misma presión.

Considerando un gas a presión constante, y según demostró Gay-Lussac, el coeficiente de dilatación es una cantidad constante sea cual fuere el gas considerado. Este coeficiente, único para todos los gases, es  $1/273$ .

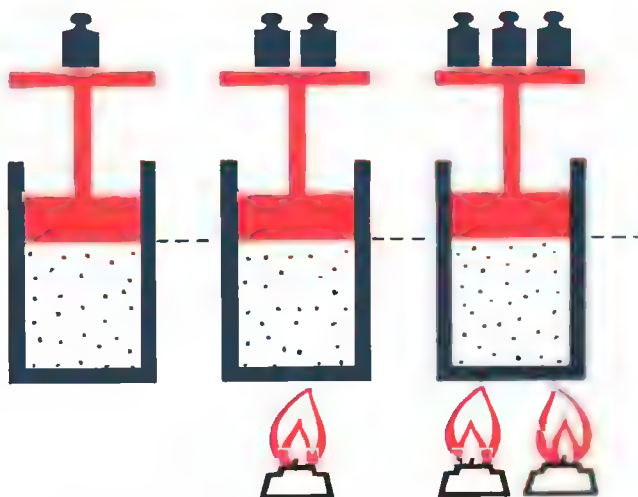
Por lo tanto, la fórmula que expresará el volumen alcanzado por un gas que se encuentra so-



Los gases se comprimen cuando aumenta la presión a que se encuentran sometidos.



Dilatación a presión constante. El gas aumentará de volumen cuando aumente su temperatura.



Dilatación a volumen constante. No hay dilatación, sino aumento de presión. Si aumenta el calor, el volumen permanecerá constante si la presión aumenta proporcionalmente.

metido a una presión constante, cuando la temperatura experimenta un cierto aumento, será:

$$V_t = V_0 \left( 1 + \frac{t}{273} \right)$$

Esta fórmula se conoce como Ley de Gay-Lussac y se cumple para todos los gases.

Hemos hablado de las dilataciones producidas por un aumento de temperatura; pero, cuando en vez de producirse un aumento, la temperatura disminuye, no hay tal dilatación. El gas se contrae, disminuye su volumen (recuerde que consideramos una presión constante). La fórmula que permite calcular una contracción es la misma que venimos empleando, pero sustituyendo el signo + por un signo —, como es lógico. No puede ser de otra forma, puesto que son fenómenos diametralmente opuestos. Para calcular la disminución de volumen experimentada por una masa gaseosa sometida a una presión constante cuando la temperatura disminuye, aplicaremos la fórmula así:

$$V_t = V_0 \left( 1 - \frac{t}{273} \right)$$

Observe una cosa curiosa: si vamos disminuyendo la temperatura, la fracción  $t/273$ , tenderá a convertirse en la unidad, cosa que llegará cuando alcancemos una temperatura de  $273^\circ \text{C}$  bajo cero, en cuyo caso la fórmula de Gay-Lussac tiene esta expresión:

## CAMBIOS DE ESTADO

Hemos estudiado que la materia se presenta en tres estados físicos distintos, cuyas particularidades conocemos. También hemos visto cómo el calor influye directamente sobre la materia, provocando en ella fenómenos de dilatación y contracción cuya cuantía podemos determinar por medio de fórmulas muy simples.

Siguiendo con la influencia del calor sobre los cuerpos, vamos a ver cómo las dilataciones o contracciones experimentadas por la materia llegan a extremos en que afectan directamente la es-

## FUSION

Llamamos fusión al fenómeno por el cual un cuerpo que normalmente se presenta bajo el estado sólido adquiere el estado líquido por medio del calor.

273

$$V_t = V_0 \left( 1 - \frac{t}{273} \right) = V_0 (1 - 1) = V_0 \times 0 = 0$$

Resulta que en cuanto llegamos a la temperatura de  $-273^\circ$  el gas desaparece. Si el volumen final es igual a cero, es que es igual a nada, a la no existencia. No queda nada; hemos destruido la materia.

Esta paradoja, que está en oposición con la ley de la conservación de la energía, es del todo inadmisibile. No podemos llegar a la destrucción total de un gas, porque si bien matemáticamente el razonamiento es válido, mucho antes de llegar a los  $-273^\circ$  el gas se habrá convertido en líquido. Y para los líquidos no se cumple la ley de Gay-Lussac.

Esta temperatura de  $-273^\circ \text{C}$  es el llamado CERO ABSOLUTO, que es la temperatura más baja que se ha podido alcanzar. (En realidad se han alcanzado los  $273.16^\circ$  bajo cero.)

También podemos considerar la dilatación de un gas A VOLUMEN CONSTANTE. Propiamente no se trata de una dilatación, puesto que si partimos de la base de que el volumen debe permanecer constante, no existe tal posibilidad. En este fenómeno, llamado impropriadamente de dilatación, lo que en realidad aumenta es la presión a que se somete el gas. En efecto: si pretendemos calentar un gas sin que experimente una expansión, no tendremos más remedio que aumentar la presión que sobre él se ejerce.

estructura molecular del material, provocando un cambio de estado físico. Una sustancia sólida, por aumento de su temperatura, puede pasar al estado líquido, y del estado líquido al gaseoso. Una disminución de la temperatura (algunas veces por un aumento de la presión) da lugar a que un gas adquiera el estado líquido y aun el sólido.

Son mutaciones físicas de muchísima importancia, no sólo por su valor científico, sino incluso por las repercusiones de índole práctica que pueden tener.

Debemos distinguir dos tipos de fusión.

La FUSIÓN FRANCA. Hablamos de fusión franca cuando el sólido en cuestión pasa al estado líquido sin ninguna transición; lo hace con brusque-



dad en cuanto alcanza una cierta temperatura. Tal es el caso del plomo y del hielo, por ejemplo.

**FUSIÓN PASTOSA.** Decimos que un sólido tiene una fusión pastosa cuando para adquirir el estado líquido pasa antes por un estado intermedio, en el cual no es ni francamente sólido ni totalmente líquido. Debe pasar por un estado de pasta. La cera, por ejemplo, tiene una fusión pastosa, y lo mismo ocurre con el vidrio y el hierro.

Todo fenómeno de fusión franca se efectúa cumpliendo con las siguientes leyes:

1. Cada sustancia funde a una temperatura determinada y constante llamada PUNTO DE FUSIÓN.

2. Durante el tiempo en que un cuerpo de fusión franca pasa del estado sólido al líquido, su temperatura permanece constante.

Resulta muy interesante conocer el punto de fusión de los distintos materiales, ya que tal temperatura condiciona su empleo. El campo de aplicación de un material queda limitado por las aplicaciones que implican temperaturas superiores a la de su punto de fusión.

Otras veces interesará utilizar materiales con un punto de fusión bajo. Tal es el caso de los cortacircuitos o fusibles. Escogeremos materiales que con poco calor aumentan mucho de temperatura (caso de bajos puntos de fusión), puesto que serán muy sensibles a las intensidades eléctricas peligrosas para el circuito que protegen.

En piezas sometidas a altas temperaturas, como por ejemplo los contactos de un interruptor, entre los cuales es fácil que salten chispas eléctricas, deberemos emplear metales cuyo punto de fusión sea alto. A nadie se le ocurrirá, por ejemplo, fabricar de plomo las yemas de un conductor. Al primer chispazo fundiría el plomo utilizando el aparato.

Las sustancias aumentan de volumen al pasar del estado sólido al líquido, con la importante excepción del agua.

El agua se comporta de forma completamente opuesta: aumenta de volumen a medida que disminuye su temperatura. Por ello el hielo flota sobre una masa líquida y por ello se rompen las tuberías cuando una rápida disminución de la temperatura ambiente determina la congelación del agua que contienen.

Digamos finalmente que existen cuerpos muy reacios a adquirir el estado líquido. Antes de fundir se descomponen. Ejemplos de este comporta-



**Por medio de la fusión de los minerales es posible obtener los metales puros y sus aleaciones.**

miento los tenemos en el mármol, la madera y el almidón.

Otras sustancias no funden ni a las temperaturas más altas obtenidas en hornos normales. Son las sustancias refractarias, de gran interés práctico, tanto por su condición de resistentes a la fusión como por darse la circunstancia de ser, algunas de ellas, sustancias dieléctricas o aislantes. Las sustancias refractarias ni funden ni se descomponen; son ejemplos característicos la cal, la arcilla, el carbono, la magnesia, etc.

Los materiales refractarios, empero, llegan a fundir en hornos eléctricos capaces de alcanzar temperaturas aproximadas de  $3.500^{\circ}\text{C}$ . Sólo el carbono es capaz de resistir tales temperaturas.

La solidificación es el fenómeno inverso al de la fusión. Por un proceso de solidificación, una sustancia líquida adquiere el estado sólido. De la misma manera que existe un punto de fusión, existe también un punto de solidificación... **QUE ES EL MISMO.**

Las sustancias solidifican a la misma temperatura de fusión. Cuando una cierta sustancia se encuentra en estado sólido funde a una determinada temperatura; y cuando esta misma sustancia se encuentra en estado líquido, empieza a solidificarse a la misma temperatura a que ha fundido.

Durante el proceso de solidificación la temperatura de la sustancia se mantiene constante.



Encontraríamos a montones ejemplos de solidificación de líquidos, y sobre el aprovechamiento de estos cambios de estado pueden escribirse libros enteros. Las piezas de fundición, por ejemplo, son un caso característico del aprovechamiento de la fusión y solidificación de los materiales.



**TABLA DE PUNTOS DE FUSION Y DE EBULLICION**

	Punto de fusión °C	Punto de ebullición °C
Acero ... ..	1300 a 1475	—
Agua . ... ..	0	100
Aluminio ... ..	657	1800
Bronce ... ..	900	—
Cera . ... ..	62	—
Cinc ... ..	419	907
Cobre ... ..	1084	2300
Cromo ... ..	1610	2200
Estaño ... ..	232	2260
Gutapercha . ...	100	—
Hierro ... ..	1535	3000
Latón ... ..	900	—
Mercurio ... ..	—38'7	357
Molibdeno .. ...	2620	3700
Níquel ... ..	1450	2900
Oro ... ..	1064	2600
Parafina ... ..	52'4	—
Plata . ... ..	961	1950
Plata alemana	1100	—
Platino . ... ..	1755	4300
Plomo ... ..	327	1620
Selenio . ... ..	220	688
Vanadio . ... ..	1710	3000
Vidrio ... ..	1300	—
Wolframio . ...	3370	5900

## VAPORIZACION

Llamamos vaporización al fenómeno por el cual una sustancia líquida pasa al estado gaseoso.

Si dejamos una masa líquida en contacto directo con el aire, al cabo de un período determinado de tiempo la cantidad de líquido habrá disminuido. Decimos que se ha evaporado.

Este cambio de estado debe considerarse en dos aspectos distintos:

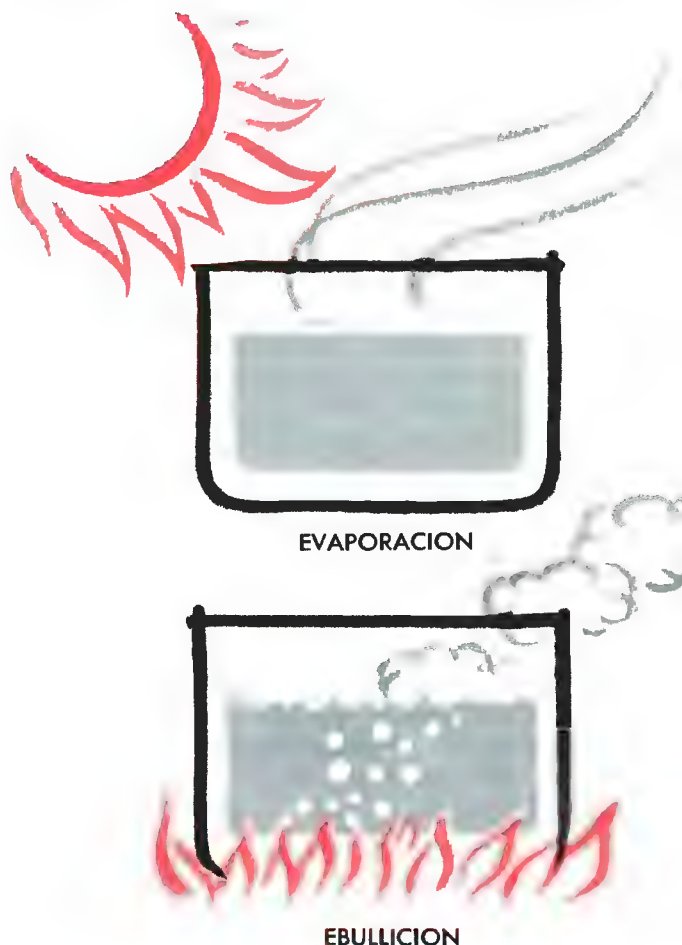
1. Cuando se realiza en una atmósfera, o sea, cuando la masa líquida queda en contacto directo con un ambiente gaseoso, sea aire u otro gas.

2. Cuando el cambio de estado se produce en el mismo seno de la masa líquida considerada.

En el primer caso hablamos de una evaporación, y en el segundo de una ebullición.

Evaporación y ebullición, aun representando el mismo cambio de estado, son dos conceptos distintos.

Durante la ebullición permanece constante la temperatura de la sustancia que se vaporiza. Esta temperatura es el llamado PUNTO DE EBULLICIÓN.



## CONDENSACION

Entendemos por condensación el paso de un gas al estado líquido. La condensación se produce ante una disminución de la temperatura o ante un aumento de la presión a que se somete el gas.

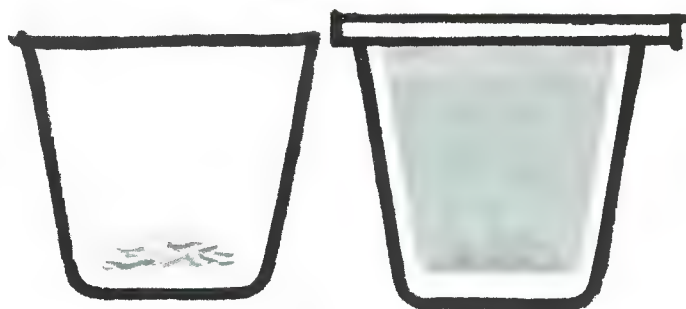
Todos hemos observado la formación de gotas de agua en la parte interior de los cristales de las ventanas. La temperatura del cristal es bastante más baja que la temperatura ambiente de la habitación, y el vapor de agua contenido en la atmósfera interior se condensa al entrar en contacto con el cristal.

Es el mismo caso de las gotas que aparecen en las vasos que contienen bebidas frías.



## SUBLIMACION

Algunas sustancias alcanzan el estado gaseoso sin pasar por el estado líquido. Cuando un sólido se convierte directamente en vapor decimos que se ha sublimado. Tal es el caso del yodo, que se sublima incluso a temperaturas normales. Basta colocar unas pocas escamas de yodo en un vaso transparente para que al poco rato aparezca el vaso lleno de vapores de yodo de color violeta.



## ESTADO ESFEROIDAL

No se trata de un estado físico, sino de un fenómeno debido a la vaporización de un líquido en condiciones especiales. Es un fenómeno que muy posiblemente habrá observado.

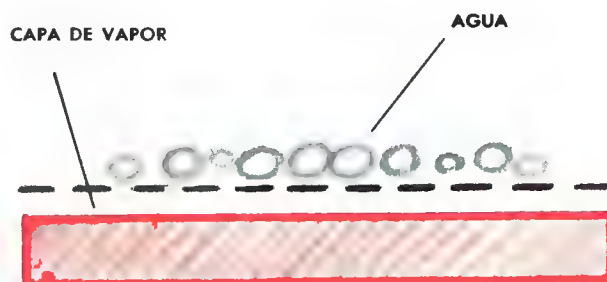
Eche unas gotas de agua sobre una plancha metálica muy caliente y verá cómo el líquido se divide en gotas esféricas que se mueven con rapidez. La formación de este estado esférico del líquido tiene una explicación muy sencilla:

La primera cantidad de agua que entra en contacto con la plancha metálica se vaporiza instantáneamente formando una capa de vapor entre la plancha y el resto del líquido. El vapor, que es mal conductor, evita la vaporización del agua, que adquiere la forma esférica que podemos observar.

Si la plancha pierde calor, la formación de

vapor es más lenta; desaparece la capa de vapor aislante y la evaporación del líquido es inmediata.

Este fenómeno es particularmente peligroso en las calderas de vapor, donde debe evitarse por todos los medios. La formación del estado esférico en las calderas de vapor es causa de explosiones.



## DESTILACION

Llamamos destilación al proceso por el cual un líquido se convierte en vapor que luego se condensa inmediatamente.

Los gases que se producen por la vaporización de un líquido carecen de las impurezas que dicho líquido pueda llevar en suspensión. Cuando estos

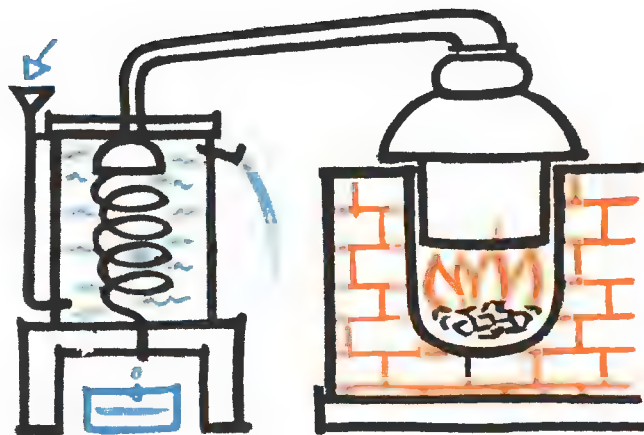
vapores se condensan obtenemos de nuevo el líquido, pero sin las impurezas que podía contener antes de su destilación.

Los procesos de destilación se efectúan por medio de unos aparatos llamados alambiques. Un alambique consta de una caldera donde se coloca el líquido a destilar. Dichas calderas se llaman cucúrbitas. De ellas sale el vapor, que se condensa en un serpentín rodeado por agua fría. Del serpentín sale el líquido destilado, que se recoge en depósitos apropiados.

## PESO Y DENSIDAD

El concepto de peso es quizás de los más inmediatos a la naturaleza humana, puesto que va unido casi indefectiblemente a la idea de fuerza. En efecto: evaluamos el peso de una cosa según el esfuerzo que necesitamos para levantarla o simplemente para sostenerla. A todos nos ha sucedido que viendo un objeto de poco volumen, pequeño, nos hemos equivocado en la apreciación mental de su peso. Al tomarlo en nuestras manos y querer trasladarlo de un lugar a otro, la primera sensación ha sido de sorpresa al comprobar que requeríamos un esfuerzo muscular superior al que por su poco bulto habíamos pensado efectuar. La exclamación es inevitable: «¡Uf, cuánto pesa!»

El fenómeno algunas veces es opuesto: por lo mucho que abulta un objeto tenemos la idea de que su peso (este esfuerzo que necesitamos para

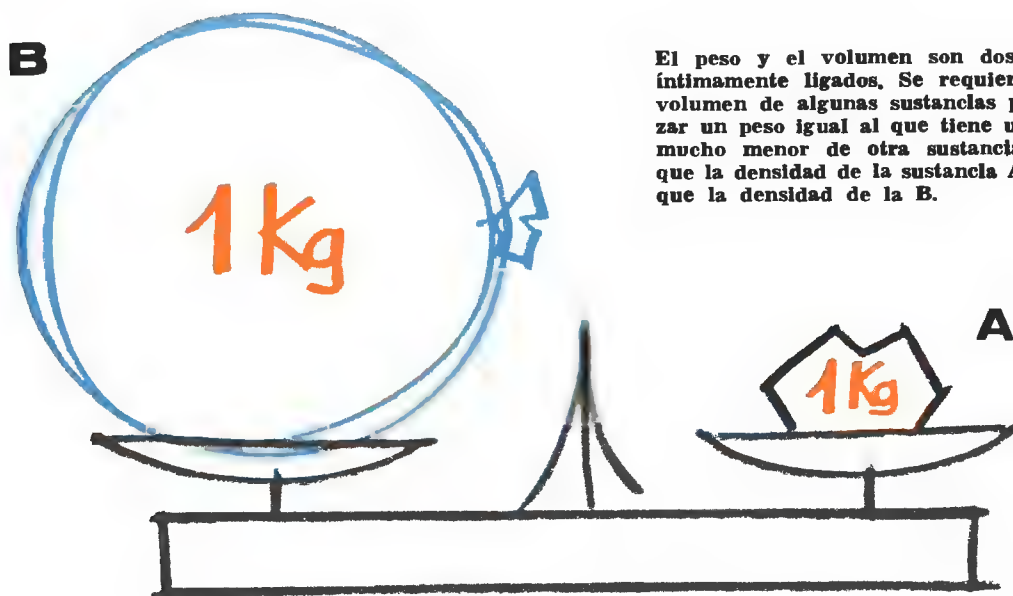


moverlo) será muy grande, y es nuestra sorpresa la que resulta grande al comprobar que puede moverlo un niño que aún no se ha desprendido de sus pañales: «¡Caramba, pero si no pesa nada!»

Vemos que el concepto de peso está íntimamente ligado a una idea de fuerza y volumen. Pero, en principio, ¿a qué podemos llamar peso?

LLAMAMOS PESO A LA FUERZA CON QUE UN CUERPO COMPRIME SU PROPIA BASE DE SUSTENTACIÓN.

Si en la palma de la mano derecha tenemos una botella llena de agua, y en la mano izquierda una botella igual pero llena de arena, tendremos la sensación de que la mano izquierda queda más oprimida que la derecha. ¿Razón?... La arena pesa más que el agua y comprime su base de sustentación, que en este caso es la palma de una mano, con más fuerza que el agua.



El peso y el volumen son dos conceptos íntimamente ligados. Se requiere un gran volumen de algunas sustancias para totalizar un peso igual al que tiene un volumen mucho menor de otra sustancia. Diremos que la densidad de la sustancia A es mayor que la densidad de la B.

## UNIDADES DE PESO

Surge en seguida el interrogante. Estamos de acuerdo en que la botella que contiene la arena pesa más que la que contiene el agua; pero ¿cuánto más...? Decir *cuánto* implica disponer de un sistema de medidas, y concretamente de una unidad de peso.

La unidad de peso establecida por el Sistema Métrico Decimal es el kilogramo.

LLAMAMOS KILOGRAMO AL PESO DE UN DECÍMETRO CÚBICO DE AGUA DESTILADA QUE ESTÁ A LA TEMPERATURA DE 4 GRADOS CENTÍGRADOS Y BAJO UNA PRESIÓN DE 1 ATMÓSFERA.

Se establece la temperatura de 4° C porque es a 4° cuando el agua ocupa menos volumen, y 1 atmósfera por tratarse de la unidad de presión.

El kilogramo tiene seis submúltiplos, cuyos valores respecto a la unidad (kg) son:

*Kilogramo = 10 hectogramos = 100 decagra-*

*mos = 1.000 gramos = 10.000 decigramos = 100.000 centigramos = 1.000.000 miligramos.*

Naturalmente, estos submúltiplos tienen su lógica abreviación:

*Kg Hg Dg g dg cg mg*

Existen dos múltiplos muy importantes del kilo que tienen nombres especiales. Son la TONELADA MÉTRICA (Tm) y el QUINTAL MÉTRICO (Qm), que valen respectivamente 1.000 y 100 kilogramos.

Digamos que los derivados más usuales del kilo son:

<i>Tonelada metrica</i>	<i>= 1.000</i>	<i>Kg</i>
<i>Quintal métrico</i>	<i>= 100</i>	<i>Kg</i>
<i>Gramo</i>	<i>= 0'001</i>	<i>Kg</i>
<i>Milígramo</i>	<i>= 0'000001</i>	<i>Kg</i>
	<i>= 0'001</i>	<i>gr</i>

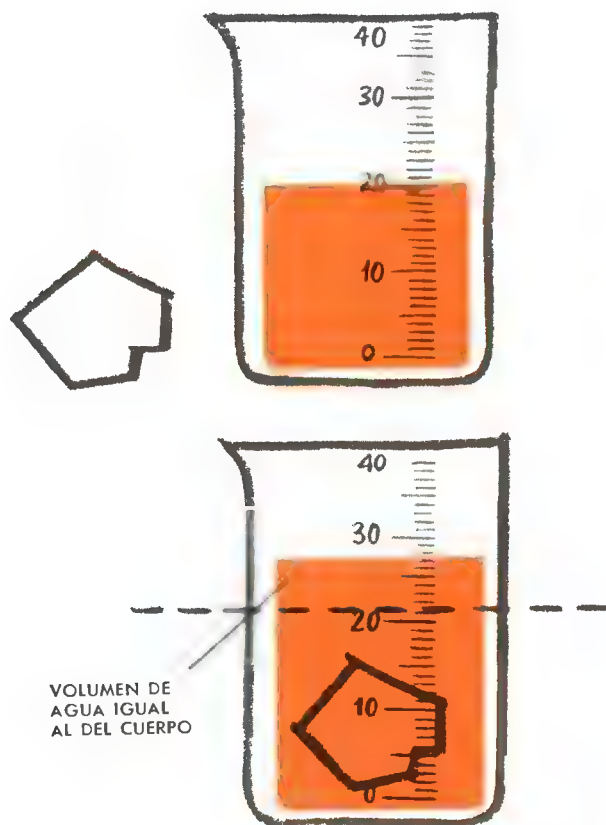
## VOLUMEN Y PESO - PESO ESPECÍFICO

Hemos contestado el interrogante que planteaba el hecho de que, por el esfuerzo muscular que necesitábamos para sostener una botella llena de agua y otra llena de arena, llegábamos a la conclusión de que pesaba más la arena que el agua. Estableciendo un sistema de medidas de peso podemos saber cuánto más pesa una cosa que la otra. Pero nosotros, que somos observadores, nos sentimos intrigados por otra cuestión: ¿Por qué la botella de arena pesa más que la de agua, si ambas ocupan exactamente el mismo volumen...?

El hecho de que para conseguir un kilo de peso de determinada sustancia necesitamos una gran cantidad (en volumen) de la misma y que, en cambio, con muy poco volumen de otras sustancias lleguemos a contar un kilo, viene relacionado con lo que se llama PESO ESPECÍFICO de la materia.

LLAMAMOS PESO ESPECÍFICO AL NÚMERO QUE EXPRESA EL PESO EN KILOGRAMOS DE UN DECÍMETRO CÚBICO DE UNA MATERIA DETERMINADA.

Este simple enunciado nos explica que el aceite flote sobre el agua. Es que el peso específico del aceite (el peso en kg de un decímetro cúbico de aceite) es menor que el peso específico del agua, que es 1. El peso específico del aceite de

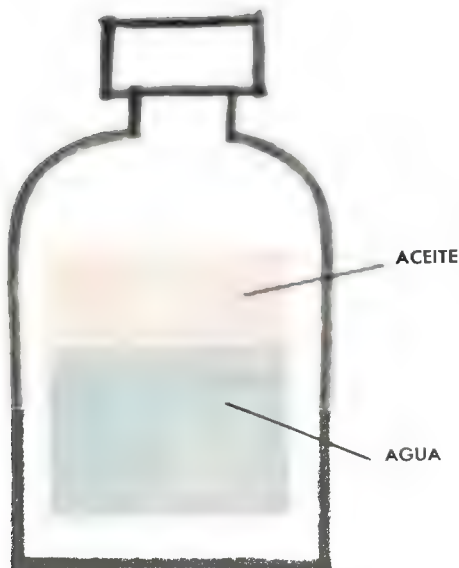


**Sistema para conocer el volumen de un cuerpo irregular. Basta con introducirlo en una probeta graduada y ver el volumen de agua que ha desplazado.**

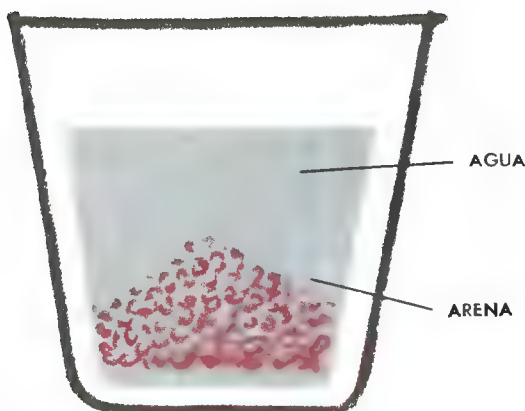


oliva es 0'915, lo cual quiere decir que un decímetro cúbico de aceite pesa 0'915 kg; menos que un decímetro cúbico de agua, cuyo peso específico sabemos que es 1. Es lógico, pues, que el aceite flote en el agua.

Del mismo modo, si decimos que la arena pesa más que el agua es porque el peso específico de la arena es 1'6, en tanto que el del agua, lo repetimos, es 1. La arena, pues, pesa 1'6 veces más que el agua.



El aceite flota en el agua porque su densidad o peso específico es menor que el de ésta. Un decímetro cúbico de aceite pesa menos que un decímetro cúbico de agua.



La arena se sedimenta en el fondo de la vasija porque su densidad es mayor que la del agua. Un decímetro cúbico de arena pesa más que un decímetro cúbico de agua.

Es fácil darse cuenta de que el peso específico de una determinada materia es una relación entre su peso en kg y el volumen en  $\text{dm}^3$  que ocupa para llegar a dicho peso. O sea que:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}}$$

Según esta igualdad, se comprende que el peso específico del agua sea 1, la mitad, ya que si por definición decimos que kilo es el peso de un decímetro cúbico de agua, tendremos que:

$$\text{Peso específico del agua} = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ dm}^3} = 1$$

Si para completar un peso de 1 kg se requiere un volumen de 2  $\text{dm}^3$  de una determinada materia, será evidente que pesa la mitad que el agua, puesto que su peso específico será:

$$\text{Peso específico} = \frac{1 \text{ kg}}{2 \text{ dm}^3} = 0'5$$

¿Comprende ahora qué es el peso específico de una materia...?

## PESO ESPECIFICO Y DENSIDAD

LLAMAMOS DENSIDAD DE UN CUERPO A LA RELACIÓN ENTRE SU MASA Y SU VOLUMEN:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

entendiendo por masa LA CANTIDAD DE MATERIA COMPRENDIDA EN UN CUERPO.

El concepto de densidad se confunde comúnmente con el de peso específico. El motivo se comprende con facilidad, si tenemos en cuenta que entre la masa (expresada en kilos-masa) y el peso (expresado en kilos-peso) de un cuerpo existe la relación:

$$\text{Peso} = \text{masa} \times 9'81$$

Por tanto, la misma relación existirá entre el peso específico (que depende del peso) y la densidad (que depende de la masa):

$$\text{Peso específico} = \text{densidad} \times 9'81$$

Es decir, que el peso específico es 9'81 veces mayor que la densidad.

Ahora bien: como tanto el peso específico como la densidad se refieren al agua (o sea que se toma el peso específico del agua, igual a 1, para las densidades), el número que expresa la relación entre el peso específico de un cuerpo y el del agua será el mismo que expresa la relación entre la densidad de dicho cuerpo y la del agua, puesto que la relación de pesos es igual que la de masas.

De aquí que, sirviendo los mismos números relativos al agua para densidad y para pesos específicos, exista esta general confusión.

DIGAMOS AHORA QUE EL PESO ESPECÍFICO SE DA SIEMPRE EN KG PESO/DM<sup>3</sup> (KILOGRAMOS PESO POR DECÍMETRO CÚBICO).

En la práctica, pues, da lo mismo hablar de

pesos específicos que de densidades, siendo válido decir que la densidad de una sustancia es el número de Kg que pesa un dm<sup>3</sup> de la misma.

Terminaremos dando una tabla con las densidades de los *materiales* sólidos, líquidos y gaseosos más importantes; pero antes debemos hacer la siguiente distinción: la densidad de los gases está calculada en comparación con la del aire. Es decir; que para los gases se toma por unidad la densidad del aire diciendo que es 1. Se comprende, puesto que si tomamos por punto de partida la densidad del agua, al ser los gases tan ligeros, nos encontramos con que debemos expresar su densidad con cantidades de un orden decimal irrisorio. Naturalmente, el aire tendrá su densidad en relación con el agua, que es 0'00129.

## TABLA DE DENSIDADES

Aceite de lino	0'942
Agua de mar	1'03
Agua	1'—
Aire	0'00129
Alquitrán	1'—
Aluminio	2'7
Amianto	2'4
Arcilla	2'1
Arena	1'68
Asfalto	1'3
Azufre	2'05
Bronce	8'8
Cal	1'35
Carbón vegetal	0'421
Caucho	0'955
Cemento	1'42
Cera	0'965
Cinc	7'10
Cobre	8'9
Corcho	0'25
Cuero	0'86
Ebonita	1'15
Estaño	7'29
Gutapercha	0'98
Hielo	0'917
Hierro acero	7'76
Hierro forjado	7'85
Hierro fundido	7'08
Hulla	1'33

Ladrillo	1'92
Latón	8'45
Madera abeto	0'55
Madera caoba	0'75
Madera castaño	0'63
Madera ciprés	0'55
Madera nogal	0'67
Madera pino	0'45
Madera roble	0'75
Mármol	2'72
Mercurio	15'55
Mica	2'9
Níquel	8'8
Oro	19'3
Papel	0'92
Parafina	0'89
Pizarra	2'85
Plata	10'5
Plata alemana	8'45
Platino	21'37
Plomo	11'34
Poliestireno	1'06
Porcelana	2'4
Sal	0'96
Selenio	4'82
Vidrio	2'6
Vidrio cristal	4'4
Wolframio	18'8
Yeso	2'26

**APENDICE**

# 3<sup>o</sup>

# FICHAS TECNICAS CORRIENTE

# 1 ELECTRICIDAD ELECTRICA

AFHA

ELECTRICIDAD

I

## LEYENDA

## SIMBOLO

## ACLARACIONES

Corriente continua



Símbolo general.

Este símbolo sólo se empleará cuando de utilizar el general puedan producirse confusiones.

Polaridad positiva



Polaridad negativa



Neutro

N o O



Corriente continua  
(indicando la tensión)

2 — 110 V


Indica corriente continua, dos conductores, 110 V.

2N — 440 V

Indica corriente continua, dos conductores y neutro, con una tensión entre conductores de 440 V (220 V entre un conductor y el neutro.)

Sentido de la corriente



 Se utilizará este signo cuando el sentido de la corriente sea el real o que la cuestión que se trata lo exija.

Código de colores :

Conductor positivo

Rojo

Conductor negativo

Azul

Conductor neutro

Negro o gris

Redes para alumbrado

Verde

Redes para fuerzas

Rojo

Redes para calefacción

Rojo

Redes para corriente débil (timbres, teléfonos, etc.)

Amarillo

Si no se utilizan colores pueden distinguirse por el trazo:

Fuerza : 

Alumbrado : 

Débiles : 



# FICHAS TÉCNICAS 2

## ELECTRICIDAD

### CORRIENTE ELECTRICA

AFHA

II

#### LEYENDA

#### SÍMBOLO

#### ACLARACIONES

Corriente alterna



Símbolo general.

Frecuencia



Frecuencias industriales.

Frecuencias acústicas.

Alta frecuencia (frecuencias radioeléctricas).

Frecuencia



En lugar de los anteriores puede utilizarse éste, indicando al lado el valor de la frecuencia.

Corriente pulsatoria o rectificada



Corriente continua o alterna



Este símbolo se coloca en los aparatos que indistintamente puede utilizarse para corriente continua o alterna.

Corriente alterna monofásica



Corriente alterna monofásica 50 Hz.

Corriente alterna trifásica



Corriente alterna trifásica 50 Hz.

Corriente alterna trifásica con neutro



Corriente alterna trifásica y neutro 50 Hz.

Indicación de la tensión



En los sistemas de trifásico con neutro se indica la tensión compuesta o entre fases (380 V)  
Entre fase y neutro habrá, pues, 220 V.

Código de colores

Fases



Verde  
Amarillo  
Violeta

Neutro aislado

Blanco

Neutro comunicado a tierra

Gris

Tierra

Negro

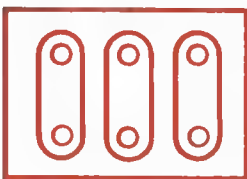
# FICHAS 3

## TECNICAS

### CORRIENTE ELECTRICA

AFHA  
ELECTRICIDAD

III




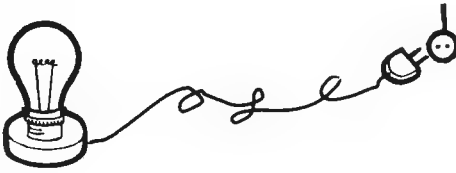





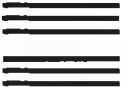


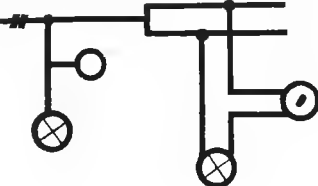
LEYENDA	SIMBOLO	ACLARACIONES
<p>Nomenclatura de las fases</p> <p>Líneas</p> <p>R } Fase</p> <p>S } Fase</p> <p>T } Fase</p> <p>O Neutro</p> <p>Borneos de máquinas</p> <p>Entrada X</p> <p>Entrada Y</p> <p>Entrada Z</p> <p>Salida U</p> <p>Salida V</p> <p>Salida W</p>	<p>R _____</p> <p>S _____</p> <p>T _____</p> <p>O _____</p> <p>U      V      W</p>  <p>X      Y      Z</p>	

# FICHAS TÉCNICAS 4

## ELECTRICIDAD

### CIRCUITOS ELÉCTRICOS

I

LEYENDA	SÍMBOLO	ACLARACIONES
Un conductor		
Conductor flexible		 <p>Indica que la bombilla está conectada a la línea por un conductor flexible.</p>
	<p>Representación</p> <p>Unifilar    Multifilar</p>	
Dos conductores	 	
Tres conductores	 	
Varios conductores		<p>Ejemplo <math>\overline{6} =</math> </p> <p>Cuando hay más de cuatro conductores se aconseja formar grupos de tres. Así:</p> <p><math>\overline{10}</math> será </p>
Paso de representación unifilar a multifilar.		<p>Se utiliza cuando en un esquema unifilar se desea detallar alguna parte.</p> 

# FICHAS 5

## TECNICAS

### CIRCUITOS ELECTRICOS

#### ELECTRICIDAD

#### AFHA

#### II

#### LEYENDA

#### SIMBOLO

#### ACLARACIONES

Si hay que indicar las características de la corriente y de los conductores se emplea la siguiente notación:

Unifilar  
—110 V  
#  
2 x 16 mm<sup>2</sup> Al

Multifilar  
—110 V  
2 x 16 mm<sup>2</sup> Al

Unifilar  
—110  
#  
2 x 16 Al

Multifilar  
—110  
2 x 16 Al

Unifilar  
2N — 220 V  
///  
2 x 40 mm<sup>2</sup> + 1 x 25 mm<sup>2</sup>

Multifilar  
2N — 220 V  
2 x 40 mm<sup>2</sup> + 1 x 25 mm<sup>2</sup>

Unifilar  
2N — 220  
///  
2 x 40 + 1 x 25

Multifilar  
2N — 220  
2 x 40 + 1 x 25

Indica: circuito de corriente 110 V—dos conductores de aluminio 16 mm<sup>2</sup> cada uno.

Si no hay confusión pueden omitirse los símbolos literarios de las unidades.

Indica: circuito de corriente continua 220 V (110 V entre fase y neutro) de dos conductores de 40 mm<sup>2</sup> y un neutro de 25 mm<sup>2</sup>.



# FICHAS TÉCNICAS 6

## ELECTRICIDAD

### CIRCUITOS ELECTRICOS

# III

#### LEYENDA

#### SIMBOLO

#### ACLARACIONES

Unifilar  
 $3 \sim 50\text{Hz } 500\text{ V}$   
 $3 \times 40\text{ mm}^2\text{ Cu}$

Multifilar  
 $3 \sim 50\text{Hz } 500\text{ V}$   
 $3 \times 40\text{ mm}^2\text{ Cu}$

Unifilar  
 $3 \sim 50\text{ } 500$   
 $3 \times 40\text{ Cu}$

Multifilar  
 $3 \sim 50\text{ } 500$   
 $3 \times 40\text{ Cu}$

Unifilar  
 $3N \sim 50\text{ } 220$   
 $3 \times 1 + 1 \times 0,6$

Multifilar  
 $3N \sim 50\text{ } 220$   
 $3 \times 1 + 1 \times 0,6$

Unifilar  
 $3N \sim 50\text{Hz } 220\text{ V}$   
 $3 \times 1\text{ mm}^2 + 1 \times 0,6\text{ mm}^2$

Multifilar  
 $3N \sim 50\text{Hz } 220\text{ V}$   
 $3 \times 1\text{ mm}^2 + 1 \times 0,6\text{ mm}^2$

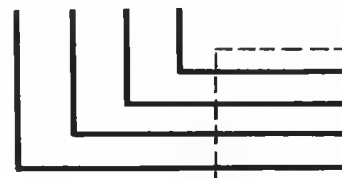


Conductores procedentes de diversos sitios dirigidos en haz

Indica: circuito de corriente alterna trifásico, 50 Hz 500 V, tres conductores de cobre de 40 mm<sup>2</sup> de sección.

Indica: circuito de corriente alterna 50 Hz trifásico con neutro, 220 V entre fases (127 entre fase y neutro) con las tres fases de conductor de 1 mm<sup>2</sup> de sección y neutro de 0,6 mm<sup>2</sup> de sección.

o sea



unidos en forma de haz



# FICHAS TÉCNICAS 7

## ELECTRICIDAD

### CIRCUITOS ELECTRICOS

AFHA

IV

#### LEYENDA

#### SÍMBOLO

#### ACLARACIONES

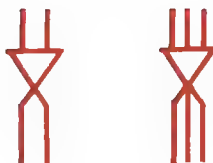
Punto inicial de instalación con aparato especial

##### Unifilar



En el punto donde empieza la instalación y si en el mismo se coloca un aparato especial (caja con o sin fusibles, interruptor, etc.), se pone el símbolo indicado.

##### Multifilar

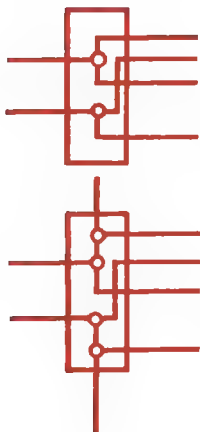


Cajas de bornes



Cuando en las derivaciones se coloquen cajas de bornes se utiliza el símbolo indicado.

Ejemplo :



# FICHAS 8












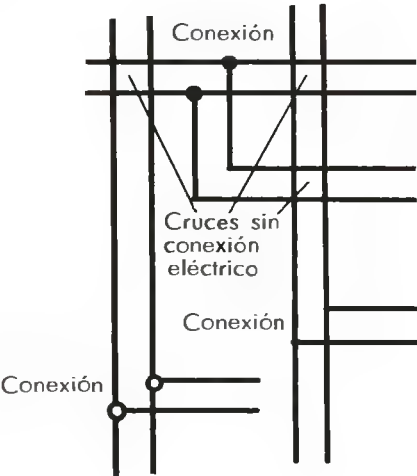
## TECNICAS 8

### CONEXION DE CONDUCTORES

AFHA

ELECTRICIDAD

I

LEYENDA	SIMBOLO	ACLARACIONES
Borne o conexión de conductores	  	
Derivación	  	
Doble derivación	  	
Cruce sin conexión eléctrica		<p>Antiguamente solía representarse así:</p>  <p>Ejemplos</p> 





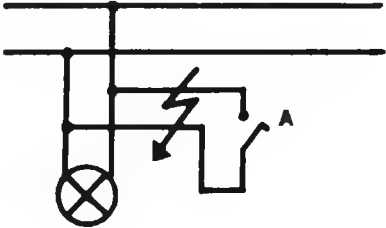

# FICHAS 9

## TECNICAS 9

### CONEXION DE CONDUCTORES

AFHA  
ELECTRICIDAD

II

SIMBOLO	LEYENDA	ACLARACIONES
Puesta a tierra o toma de tierra		
Puesta a masa		
Masa a tierra		
Defecto en una línea ; avería		<p>Ejemplo:</p> <p>el interruptor A producirá cortocircuito.</p> 
Tension peligrosa		



















# FICHAS TÉCNICAS 10

AFHA ELECTRICIDAD

## APARELLAJE

### I

LEYENDA	SÍMBOLO	ACLARACIONES
Resistencia		Símbolo general.
Resistencia variable		
Resistencia no reactiva		Indistintamente.
Impedancia		
Inductancia sin núcleo		Indistintamente.
Inductancia con núcleo		
Arrollamiento		Indistintamente.
Condensador		
Condensador variable		Variabilidad sin interrupción del circuito.
Lámpara incandescente		
Lámpara de descarga		Lámpara fluorescente, de vapor de mercurio, de sodio, etc.
Arco voltaico		
Lámpara de señales		Para cuadros de maniobra o aplicaciones análogas.
Cortacircuitos o «fusible»		En instalaciones unifilares: Cortacircuitos bipolar    Cortacircuitos tripolar
		 

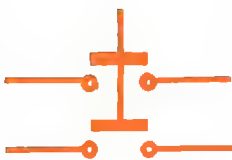
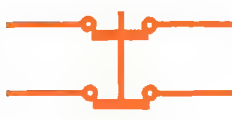



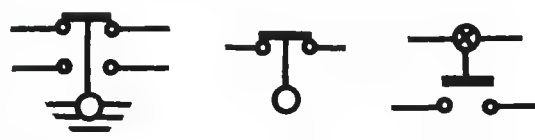

LEYENDA	SIMBOLO	ACLARACIONES
Base enchufe	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">a</div> <div style="text-align: center;">b</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Unipolar</div> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> <p>a) Para esquemas técnicos.</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Bipolar</div> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> <p>b) Para esquemas descriptivos.</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Tripolar</div> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> <p>Esquemas unifilares</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Para varios conductores</div> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div></div> </div>
Clavija de enchufe		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Unipolar</div> <div></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Bipolar</div> <div></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Para esquemas unifilares.</div> <div></div> </div>
Pulsadores (Estos aparatos no tienen posición. Sólo actúan cuando se ejerce presión sobre los mismos.)		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Normalmente desconectado.</div> <div></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Normalmente conectado.</div> <div></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Conmutador (conexión - desconexión)</div> <div></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Conmutador doble: la desconexión se produce antes de la conexión.</div> <div></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Idem.</div> <div></div> </div>

# FICHAS TECNICAS 12

## APARELLAJE

**AFHA**  
ELECTRICIDAD

**III**

LEYENDA	SIMBOLO	ACLARACIONES
Pulsadores		Conmutador de acción simultánea.
		Idem.
		Cuando estos pulsadores se accionan por flotador.
		Si se accionan por corredera.
		Si llevan lámpara piloto. Así por ejemplo:
		
		Los botones pulsadores llevan los colores siguientes:  Verde: conectado o de conexión.  Rojo: desconectado o de desconexión.

# FICHAS TECNICAS 13

**AFHA**  
ELECTRICIDAD

APARELLAJE

IV

## LEYENDA

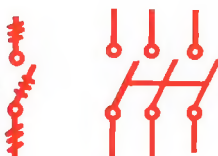
## SÍMBOLO

## ACLARACIONES

Interruptor de ruptura simple

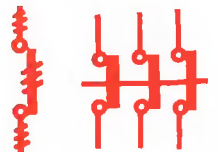


Unipolar



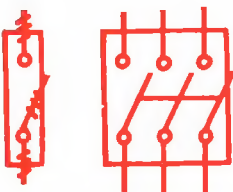
Ejemplo tripolar para representaciones unifilares y multifilares.

(de doble ruptura)



Idem.

(en baño de aceite)



Idem.

Conmutador



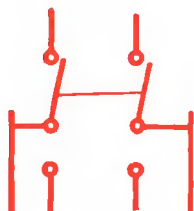
Para esquemas técnicos.

Rotativo



Para esquemas descriptivos.

Conmutador de palanca



Ejemplo bipolar.



# FICHAS TÉCNICAS 15

## APARELLAJE

**AFHA**  
ELECTRICIDAD

**VI**

### LEYENDA

### SÍMBOLO

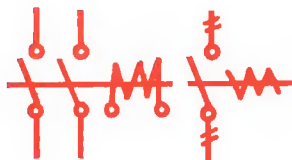
### ACLARACIONES

Microrruptor



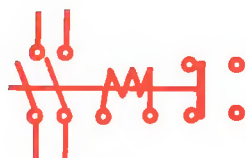
Si el accionamiento es por corredera o boya se utilizan los mismos símbolos que para los pulsadores.

Contactor



Ejemplo bipolar para esquemas multifilar y unifilar.

Símbolo general



Con contactos auxiliares

Ejemplo con contactos auxiliares de desconexión-conexión. En los esquemas de maniobra los contactos auxiliares también se representan así:



Normalmente  
cerrado

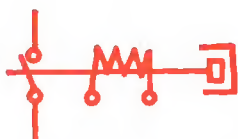


Normalmente  
abierto

o sea

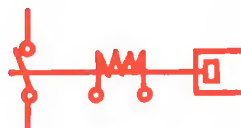


Contactor temporizado de desconexión



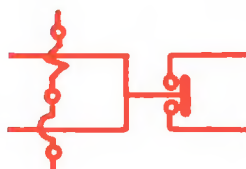
Después de recibir un impulso de corriente permanece conectado durante determinado tiempo.

De conexión



Al recibir un impulso de corriente conecta después de determinado tiempo.

Contactor magnetotérmico



# FICHAS TECNICAS 16

AFHA  
ELECTRICIDAD

APARELLAJE

VII

LEYENDA	SIMBOLO	ACLARACIONES
Combinador Directo		Pueden ser accionados a mano o mecánicamente.
De levas		
Ferraris		<p>F = Motor Ferraris.</p> <p>Al dar corriente a B el engranaje E acciona el combinador C con varios circuitos. Al cerrar la corriente en B el mecanismo, por medio de un resorte, vuelve a su posición inicial.</p>

**Este libro  
se terminó de imprimir  
el día 22 de Mayo de 1970**